

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA**  
**ESCUELA DE BIOLOGÍA**



**COMPOSICIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE PLANTAS VASCULARES  
EPÍFITAS EN LA CUENCA DE LAGUNA CALDERA, SAN JUAN  
OPICO, LA LIBERTAD, EL SALVADOR**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO POR:  
JOSÉ YADER SAGETH RUIZ CRUZ**

**PARA OPTAR AL GRADO DE:  
LICENCIADO EN BIOLOGÍA**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, JUNIO DE 2010**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA  
ESCUELA DE BIOLOGÍA

**COMPOSICIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE PLANTAS VASCULARES  
EPÍFITAS EN LA CUENCA DE LAGUNA CALDERA, SAN JUAN  
OPICO, LA LIBERTAD, EL SALVADOR**

**PRESENTADO POR:  
JOSÉ YADER SAGETH RUIZ CRUZ**

**PARA OPTAR AL GRADO DE:  
LICENCIADO EN BIOLOGÍA**

**2010**

**ASESORES:**

**MSc. NOHEMY ELIZABETH VENTURA CENTENO**

\_\_\_\_\_

**Lic. JORGE ALBERTO MONTERROSA SALOMON**

\_\_\_\_\_

**CIUDAD UNIVERSITARIA, SAN SALVADOR, JUNIO DE 2010**

**AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**  
**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

RECTOR

ING. RUFINO ANTONIO QUEZADA

SECRETARIO GENERAL

LIC. DOUGLAS VLADIMIR ALFARO CHÁVEZ

FISCAL GENERAL

DR. RENÉ MADECADEL PERLA JIMÉNEZ

**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA**

DECANO

DR. RAFAEL GÓMEZ ESCOTO

SECRETARIA

LICDA. MARÍA TRINIDAD TRIGUEROS DE CASTRO

DIRECTORA ESCUELA DE BIOLOGÍA

MSc. NOHEMY ELIZABETH VENTURA CENTENO

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por haberme dado la fuerza para seguir adelante.

A mis papás Tito y Lonchi, a mis hermanos Bairon, Irwin y Stephen por estar siempre cuando más los necesito.

A mi mamá Toyita, mi abue, a la cual quiero mucho, a mi abuelo papá Tomás QEPD; a mis tíos, tías, primos y primas, que siempre han estado pendientes.

A mis amigos, por los que se fueron, por los que están y por los que vendrán, sin ellos mi vida no sería igual, infinitas gracias.

A mis colegas, que siempre dieron una mano de apoyo

A mis asesores MSc. Nohemy Ventura y Lic. Jorge Monterrosa para los cuales tengo una gran gratitud

A los jurados Lic. Carlos Elías y MSc. Lastenia de Flint, que hicieron observaciones a este trabajo

A mis profesores de la Escuela de Biología, porque sé que aprendí de ellos.

Agradezco a carito por su ayuda incondicional, Thorsten Krömer y Carola Acebey por haberme proporcionado sus artículos.

A la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas UCA, por haberme proporcionado el permiso correspondiente para trabajar en su campo experimental, especialmente Lic. Obed Rodríguez y Don Vicente Meléndez.

A la Iniciativa Darwin por la ayuda económica proporcionada.

Finalmente me agradezco a mi mismo por no haberme rendido aún cuando todo indicaba lo contrario.

*Es mejor cojear por el camino que avanzar a grandes pasos fuera de él. Pues quien cojea en el camino, aunque avance poco, se acerca a la meta, mientras que quien va fuera de él, cuanto más corre, más se aleja.*

*San Agustín*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Contenido	Página N°
AUTORIDADES UNIVERSITARIAS.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
INDICE DE CUADROS.....	v
INDICE DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN .....	1
I INTRODUCCIÓN.....	2
II FUNDAMENTO TEÓRICO .....	4
2.1 La Selva Baja Caducifolia .....	4
2.2 Plantas Vasculares Epífitas.....	4
2.3 Clasificación de las Epífitas.....	6
2.4 Estratificación Vertical de las Epífitas como parte del Dosel.....	9
III METODOLOGÍA.....	13
3.1 Descripción del Área en Estudio.....	13
3.2 Metodología de Campo .....	18
3.3 Metodología de Laboratorio .....	20
3.4 Análisis de datos .....	21
IV RESULTADOS.....	22
4.1. Composición de las Plantas Vasculares Epífitas .....	22
4.2 Distribución Vertical de las Plantas Vasculares Epífitas .....	22
4.3 Relación entre las características de los forofitos en la composición y distribución de las plantas vasculares epífitas.....	23
4.4 Índices de Diversidad .....	23
V DISCUSIÓN .....	40
5.1 Composición de las plantas vasculares epífitas .....	40
5.2 Distribución vertical y Relación con características de los forofitos .....	42
5.3 Índices ecológicos .....	44
VI CONCLUSIONES .....	46
VII RECOMENDACIONES .....	48
VIII LITERATURA CITADA.....	49
ANEXOS.....	

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro N°</b>	<b>Página N°</b>
1. Nombre científico, posición geográfica, altura y DAP de los 24 árboles hospederos en los que se muestrearon las plantas vasculares epifitas, en la Cuenca de la Laguna Caldera, San Juan Opico.....	<b>33</b>
2. Número de familias, géneros y especies de PVE muestreadas entre los meses de agosto a diciembre de 2009 en la cuenca de la Laguna Caldera, San Juan Opico y clasificación de las PVE utilizada en este estudio.....	<b>34</b>
3. Muestra la abundancia y porcentaje de individuos epífitos por familia encontrados en el muestreo de agosto a diciembre de 2009, en la cuenca de la Laguna Caldera, San Juan Opico, la mayor cantidad de individuos está dada por la barra azul y roja.....	<b>35</b>
4. Cantidad de especies de PVE por familia y su preferencia por las zonas del forofito, en el muestreo de agosto a diciembre de 2009, en la cuenca de la Laguna Caldera, San Juan Opico. ....	<b>35</b>
5. Número de individuos de PVE distribuidos en los diferentes rangos de altura establecidos en las especies arbóreas, en el muestreo de agosto a diciembre de 2009, en la cuenca de la Laguna Caldera, San Juan Opico.....	<b>36</b>

6. Número de especies de PVE distribuidos en los diferentes rangos de altura establecidos en las especies arbóreas, frecuencia total de individuos y porcentaje, en el muestreo de agosto a diciembre de 2009, en la cuenca de la Laguna Caldera, San Juan Opico.....	<b>37</b>
7. Número de especies arbóreas hospederas de las PVE, DAP, número de individuos de PVE por especie y porcentaje.....	<b>39</b>
8. Muestra el Índice de Valor de Importancia Epífita por cada una de las familias encontradas durante el muestreo, nótese que las familias Pteridaceae, Lygodiaceae y Polipodiaceae se han agrupado en un solo grupo Pteridophyta.....	<b>39</b>
9. Índice de Valor de Importancia Epífita (IVIe) y las frecuencias relativas de las especies de vasculares epifitas, por zonas de las especies arbóreas, donde: $N_{pi}$ =número de forofitos con ocurrencia de las especies epifitas, $N_{ci}$ =número de copas con ocurrencia de especies epifitas, $N_{fi}$ =número de fustes con ocurrencia de especies epifitas, $FR_{pi}$ es la frecuencia relativa porcentual por forofito, $FR_{ci}$ es la frecuencia relativa de las especies en las copas, $FR_{fi}$ es la frecuencia relativa de las especies en los fustes.....	<b>40</b>
10. Muestra los índices de diversidad alfa obtenidos con las frecuencias relativas de las especies de plantas vasculares epifitas muestreadas en los árboles de la cuenca de la Laguna Caldera, realizados con el paquete estadístico PAST versión 2.0.....	<b>41</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura Nº	Página Nº
1. Estratificación vertical del dosel propuesta por Parker <i>et al.</i> (2002), donde $\bar{T}$ significa la transmitancia y $\downarrow$ indica baja variabilidad.....	21
2. Mapa de Ubicación del Municipio de San Juan Opico y toma satelital de la Laguna Caldera y alrededores (Fuente: Google Earth, 2008. sin escala).....	25
3. A). Estratificación del árbol en tres zonas diferentes para realizar la colecta (tomado y modificado de Catchpole 2004). B) Toma de coordenadas a la ubicación de los árboles muestreados con el GPS.....	27
4. A) Colecta, B) prensado, C) secado de Plantas Vasculares Epifitas, muestreadas en el periodo de septiembre a diciembre de 2010.....	28
5. Número de especies epifitas por familia en los forofitos de la cuenca de la Laguna Caldera. Ara: Araceae; Big: Bignoniaceae; Bro: Bromeliaceae; Cac: Cactaceae; Con: Convolvulaceae; Dill: Dilleniaceae; Fab: Fabaceae; Ges: Gesneriaceae; Lyg: Lygodiaceae; Mor: Moraceae; Orch: Orchidaceae; Pip: Piperaceae; Pol: Polypodiaceae; Pter: Pteridaceae; Sap: Sapindaceae; Urt: Urticaceae; Vis: Viscaceae.....	43
6. Muestra las zonas en que fueron divididos los forofitos muestreados y la preferencia de las especies de plantas vasculares epifitas por familia a	

cada zona.....	43
<b>7.</b> Muestra los rangos de altura y la cantidad de individuos muestreados en cada uno de esos rangos.....	44
<b>8.</b> Muestra la altura sobre la cual los grupos principales de epifitas que fueron encontrados en este estudio, nótese que la mejor distribución en altura la presenta la familia Bromeliaceae; también es de notar que las medias de los grupos Orchidaceae, Bromeliaceae y Pteridophyta se encuentran en rangos similares.....	44
<b>9.</b> Se presenta la correlación entre la cantidad de individuos de plantas vasculares epífitas por rangos de DAP (diámetro a 1.50 m desde el suelo) de los 24 forofitos muestreados. STATISTICA versión 7.0.....	45
<b>10.</b> Se presenta la riqueza promedio de las plantas vasculares epifitas en las 3 zonas de los 24 árboles muestreados. Zona 1 y zona 2 comprenden el fuste, la zona 3 es la copa. STATISTICA versión 7.0.....	45
<b>11.</b> Índice de valor de importancia porcentual para las 17 familias de plantas vasculares epifitas, nótese que las familias Orchidaceae, Bromeliaceae y Araceae son las familias con un mayor valor de IVIe.....	46

## RESUMEN

La diversidad de las plantas vasculares epífitas en los bosques neotropicales asciende hasta un 25% de la flora total en estos bosques. Se estudió la composición y la distribución vertical con respecto a la altura de las plantas vasculares epífitas, en un área con vegetación de selva baja caducifolia de la cuenca de la Laguna Caldera, departamento de La Libertad, El Salvador. Se muestrearon un total de 24 árboles maduros del dosel, dividiéndolos en 3 zonas: fuste bajo (Z1), fuste medio (Z2) y copas (Z3); en las que fueron censadas todas las epífitas vasculares presentes sobre los forofitos con  $DAP \geq 10$  cm, se encontró que la zona con más riqueza de especies es la zona 3 o copas  $H=19.70$ ;  $N= 72$ ;  $P =.0001$  y que el rango de altura preferencial de las epífitas para este estudio es entre .los 10 y 20 m. Se realizó la identificación taxonómica de las especies y fueron calculados los índices ecológicos de diversidad de Margalef 5.566, Shannon-Wiener 2.134 y Simpson 0.734; así como el Índice de Valor de Importancia Epífita (IVIe). Se estimó la riqueza de las especies por cada una de las tres zonas en que fueron divididos los forofitos con una prueba de Kruskal Wallis, en la cual se observó una tendencia a mayor cantidad de especies en la zona 3 o copa. Un total de 923 individuos de epífitas vasculares fueron encontrados, pertenecientes a 17 familias, 33 géneros y 39 especies. Las familias más ricas en especies fueron Orchidaceae (10), Bromeliaceae (5), Polypodiaceae (4), Bignoniaceae (3). Las especies *Tillandsia remota* (Bromeliaceae), *Epidendrum stamfordianum* (Orchidaceae) y *Philodendron jacquinii* (Araceae), presentaron el valor de importancia más alto.

## I INTRODUCCIÓN

En El Salvador una gran cantidad de cobertura vegetal se pierde cada año, esto debido a que el uso en la tenencia de la tierra está cambiando y siendo utilizada como zonas industriales, habitacionales o de cultivo. Alvarado (2006), menciona que la deforestación total del país hace a un promedio de 4.500 hectáreas al año, lo que nos coloca en un nivel de reducción de los bosques naturales, que en la actualidad cubren apenas el 1.87% del suelo en todo el territorio Nacional, teniendo ya un grave impacto en el medio ambiental.

Las plantas vasculares epifitas están representadas principalmente por miembros de las familias Bromeliaceae, Orquidaceae, Araceae, así como por familias de Pteridophytas como Polypodiaceae, por lo que constituyen cerca del 20 % de las especies en los bosques tropicales.

Las plantas vasculares epifitas son un componente importante en las comunidades que habitan el dosel, su importancia radica en que son albergue, alimento y lugares de reproducción para especies animales como insectos, anfibios, reptiles, aves y mamíferos, lo que mantiene el dinamismo del entorno.

Desde el punto de vista de los patrones de distribución vertical y su susceptibilidad a las condiciones ambientales, están siendo la base de estudios sobre las consecuencias del cambio climático en los ecosistemas de las comunidades vegetales.

La finalidad de esta investigación fue aportar conocimiento sobre la distribución y la estratificación de las plantas vasculares epifitas en los árboles del dosel de la

cuenca de la laguna Caldera, San Juan Opico, La Libertad, El Salvador, esto con el fin de conocer su distribución vertical, y las características de los hospederos para un parche de vegetación, tipificado como selva baja caducifolia.

La presencia de una gran riqueza de especies en este estudio revela la importancia de investigar estos grupos de plantas, porque se obtiene una mayor comprensión de los procesos de sucesión, establecimiento, reproducción y los requerimientos físico-químicos de estas plantas en los bosques de El Salvador.

## II FUNDAMENTO TEÓRICO

### 2.1 La Selva Baja Caducifolia

Esta comunidad se caracteriza porque la mayoría de sus especies pierden sus hojas en la época seca. En El Salvador, se extiende, ocupando la mayor parte del territorio; su abundancia se debe a la topografía y a la marcada diferenciación de la estación seca y lluviosa (Flores 1980). Esta selva solo tiene el estrato alto, formado por especímenes de los 10 a 20 m y el estrato bajo o herbáceo. Esta selva constituye el límite vegetacional térmico de los tipos de vegetación de las zonas cálido-húmedas (Sarukhan, 1968).

### 2.2 Plantas Vasculares Epífitas

Las plantas vasculares epífitas, son definidas por (Mejía & Hawkins, 1993; citados por Zavala Molina, 2002) como las plantas que viven en las ramas y en los troncos de los árboles de las cuales proviene su soporte mecánico, pero sus nutrimentos no provienen del árbol hospedero (Benzing, 2004; Goddings *et al.*, 2006), sino del material orgánico que se acumula en ramas y del polvo que viaja en el aire o en la lluvia. Otra característica, salvo excepciones, no desarrollan raíces firmes en el suelo, como las hemi-epífitas (Mejía y Hawkins, 1993; citados por Zavala Molina, 2002; Benzing, 2003; Benzing, 2004; Damon, 2006; Zuchowski, 2007).

Epífitas en general, muérdagos, trepadoras y hemi-epífitas incluyendo *Ficus* estranguladores, dependen de otras plantas, por lo general de árboles leñosos o arbustos, que sirven de apoyo, y son considerados mecánicamente dependientes de

las plantas (Richards, 1952 citado por Shaw, 2004); también dependen de la luz, el agua, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y nutrientes inorgánicos.

Algunas como las bromelias y orquídeas viven en el dosel y han desarrollado mecanismos para obtener humedad, nutrientes y luz solar necesarias para crecer sin desarrollar tronco (Benzing, 2003; Benzing, 2004; Schaw, 2004; Damon, 2006), contrarrestando la sequía y la adquisición de los iones esenciales (Benzing 2003). Entre estos mecanismos se identifican los siguientes: colonización de zonas especiales en forofitos (zonas de penumbra), desarrollo de tricomas especiales para absorción de agua, desarrollo de cavidades especiales dentro de la estructura de algunas bromelias y orquídeas; y el desarrollo de raíces especiales.

De tal manera que su aparición en la estructura vertical de un bosque refleja las adaptaciones y la ecología de las especies individuales con una creciente necesidad de tolerancia a la sequía con el aumento de altura en el dosel (Shaw, 2004). La mayoría son mecánicamente dependientes, muestran una fuerte estratificación vertical del medio a lo largo de gradientes y sustrato; muy poca a una altura corta, en dosel abierto, o en bosques secos porque no hay fuertes gradientes verticales microclimáticos (Benzing, 1990 citado por Shaw 2004; Benzing, 2004).

Sin embargo, la ecología de estos organismos no se puede separar de la composición, estructura, edad y grado de perturbación general de los bosques, de la historia y la apertura del dosel (Shaw, 2004).

Son importantes por el papel ecológico, tanto en el dosel como en el suelo del bosque; por el reciclaje de nutrientes, ya que debido al intercambio de gases en la atmósfera, la deposición de nutrientes causada por la neblina, lluvia, nieve y por agentes vivos (aves, mamíferos, reptiles y anfibios); y por la presencia de

estructuras especiales, que permiten la absorción y asimilación de los nutrientes que quedan disponibles (Reynolds & Hunter, 2004; Krömer *et al.* 2007).

### 2.3 Clasificación de las Epífitas

Todas las especies de vasculares epífitas han sido clasificadas por el hábito de crecimiento y por su grupo taxonómico. La obra más completa sobre la clasificación de vida epífita fue realizada por Hosokawa (1943), citado por Catchpole, (2004).

Se basa en parámetros como forma de adaptación y fidelidad para apoyarse en la vegetación; hábito de crecimiento; tolerancia climática, tipo de sustrato, y mecanismos para garantizar recursos básicos, según (Schimper, 1888; Hosokawa (1943); Richards, 1952; Wallace, 1981; citados por Benzing, 2003).

Benzing (2003), en su propuesta, enfatiza función, forma y recientes descubrimientos sobre fisiología de plantas, y las agrupa en 5 niveles:

#### **NIVEL 1. CON RELACIÓN AL HOSPEDERO (FOROFITO)**

**A. Autótrofas**, plantas apoyadas sobre especies leñosas, sin nutrientes extraídos de los haces vasculares del hospedero:

**1. A. Accidental:** no posee modificaciones especiales para vivir como epífita

**2. A. Facultativo:** puede ser epífita o terrestre. Ej. *Tillandsia fasciculata*

**3. A. Hemi-epífitas:**

**3. A. 1. Primarias:** donde el primer estadio de vida se desarrolla sobre un hospedero, hasta conectar las raíces al suelo, dentro de esta clasificación se incluyen estranguladoras y no estranguladoras. Ej. *Ficus*

**3. A. 2. Secundarias:** donde en el primer estadio de vida, la planta se desarrolla en el suelo y luego ésta utiliza a los hospederos como soporte

mecánico para alcanzar el dosel y cortar el contacto con el suelo, . Ej.

*Philodendron bipinnatifidum*

**4. A** “Verdaderas epífitas”. Ej. Orquídeas, bromelias y cactáceas

**B. Heterótrofas:** plantas que subsisten del contenido xilemático y algunas veces recibiendo una parte sustancial de suministros de carbono del hospedero.

**1. B.** Hemi-parásitas (muérdagos).Ej., miembros de la familia Loranthaceae

## **NIVEL 2. TIPO DE CRECIMIENTO, NUTRIMENTOS y ECONOMÍA DEL AGUA.**

La principal distinción en este caso es el engrosamiento secundario que, a su vez, se correlaciona con el tamaño y en menor medida, con longevidad (Hosokawa, 1943 y Wallace, 1981 citados por Benzing, 2003):

**2. a.** Árboles

**2. b.** Arbustos

**2. c.** Formas herbáceas poco leñosas

**2. c. 1.** Tuberosa

**2. c. 1. a.** Almacenamiento: leñosas y herbáceas

**2. c. 1. b.** Mirmecófitas: la mayoría de herbáceas

**2. c. 2** Generalmente reptantes: herbáceas o leñosas

**2. c. 3.** Reptación estricta: la mayoría de herbáceas

**2. c. 4.** Dispuestas en racimos: herbáceas

**2. c. 5.** Hojas filiformes y raíces colgantes: herbáceas

**2. c. 6.** En forma de canasta: herbáceas.

## **NIVEL 3. HUMEDAD y LUZ.**

Por ser las variables más decisivas en la ubicación de las epifitas.

**3. a.** Poiquilo hidros (que tienen agua variable en su organismo), e incluye a muchas Briofitas y plantas vasculares inferiores, un número desconocido de helechos, Ej. *Polypodium sp.* y algunas, si es que ninguna, angiosperma.

**3. b.** Homeohidros:

**3. b. 1.** Higrófilas

**3. b. 2.** Mesófitas

**3. b. 3.** Xerófitas

**3. b. 3. a.** Resistentes a la sequía. Ej. *Encyclia sp.*

**3. b. 3. b.** Evitadoras de la sequía Ej. *Catasetum sp.*

**3. b. 4.** Con depósitos para almacenar o acumular sustratos y así sustituir los suelos, ej. *Campyloneurum sp.*

**NIVEL 4 HÁBITAT**, propuesto por Benzing (2003), basado en factores del hábitat (la luz), ya planteados por (Pittendrigh, 1948; citado por Benzing, 2003), y es exclusivo para bromelias, y se divide en 3 categorías:

**4. a. Tipo de exposición**, restringidos a sitios en plena luz.

**4. b. Tipos soleados:** tolerante a media sombra.

**4. c. Tipos tolerantes a sombra:** tolerante a la sombra profunda. Ej. *Tillandsia usneoides*

**NIVEL 5 TIPO DE ASOCIACIÓN**, se basa sobre la forma en que se adaptan a los medios de absorción, o en asocio con sus forofitos. En este sentido, las clasificaciones, primera y quinta muestran algún traslape.

**5. a.** Por la forma de obtener iones nutritivos y humedad de otras fuentes:

- 5. a. 1. Los que toman de neblina atmosférica, son formas con un mínimo de apego a la corteza
- 5. a. 2. Los que toman de la corteza, y habitan en ramas jóvenes, Ej. *Barkeria obovata*
- 5. a. 3. Las que crean depósitos para almacenar o acumular sustratos y así sustituir los suelos; o epifitas con atrayentes de colonias de hormigas.
- 5. b. Las que utilizan un tipo específico de raíces para obtener iones nutritivos y humedad:
  - 5. b.1. Las adaptadas al humus:
    - 5. b.1.a. Raíces con tejidos superficiales sobre el humus.
    - 5. b.1.b. Raíces que penetran profundamente en el humus.
    - 5. b.1.c. Plantas que forman nidos-jardines para colonias de hormigas Ej. *Tillandsia caput-medusae*
  - 5. b.2. Adaptadas a forófitos: Hemi-parásitas (muérdagos), ej. *Psittacanthus sp.*

## 2.4 Estratificación Vertical de las Epifitas.

La estratificación vertical, supone una separación de los componentes del dosel del bosque (hojas y otras estructuras, especies u organismos individuales) en distintos horizontes, capas o gradientes (Shaw, 2004).

Según Triana Moreno *et al.*, (2003); Shaw, (2004); San Martín *et al.*, (2008), la composición de los bosques es el parámetro fundamental en torno al cual todos los bosques integran la biota. Sin embargo, la estructura, edad e historia del bosque son

también fundamentales para influir en la organización vertical de la biota del dosel. La estratificación en los bosques determina la composición del sustrato para bacterias, hongos y plantas que dependen mecánicamente, bien como alimento o refugio para invertebrados y vertebrados (Nieder *et al.*, 2001; Shaw, 2004; Giongo & Waechter, 2004).

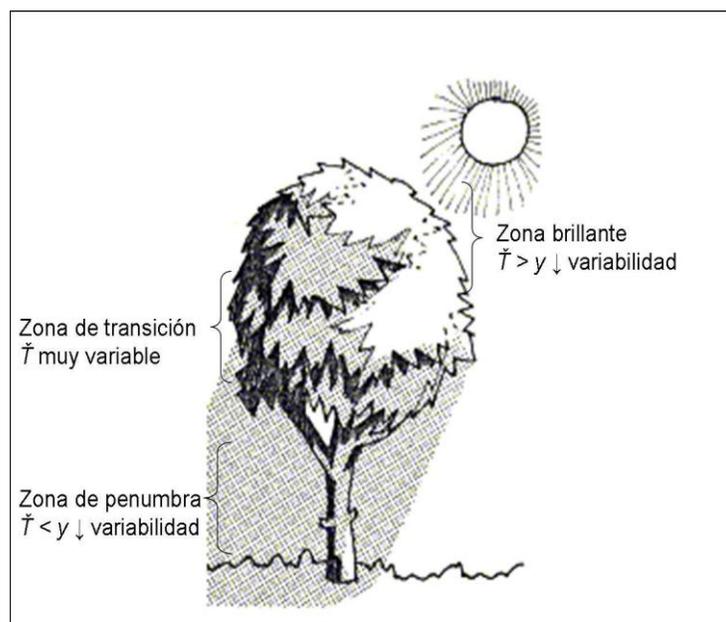
La edad de cada uno de los árboles o la continuidad ecológica de los bosques tienen profundas influencias en los bosques cohabitantes, sobre todo las plantas mecánicamente dependientes como las epifitas (Barkman, 1958; McCune, 1993; citados por Shaw, 2004).

El aumento de ramas y/o la edad del árbol a menudo se asocia con el aumento de tamaño y estructura más compleja y está asociada con una mayor diversidad y abundancia de organismos (Nieder *et al.*, 2001). McCune (1993; citado por Shaw, 2004), han demostrado que la diversidad de epifitas en los bosques, aumenta con el tiempo y que algunos grupos funcionales (como las fijadoras de N), no se convierten en abundantes hasta varios cientos de años tarde. Las especies de epifitas a lo largo de gradientes verticales, y con la edad, migran del dosel inferior hacia arriba en altura (Shaw 2004).

El modelo vertical de las condiciones micro ambientales es importante porque influye en la distribución de la biota de los bosques, en el comportamiento de vertebrados, en el desarrollo y el crecimiento de la estructura de los árboles, en la cantidad de gas de intercambio y liberación de agua por las hojas del bosque, la infección potencial de numerosos parásitos de árboles, la invasión de lianas en la copa de los árboles, el crecimiento y la productividad de las epifitas, los niveles de actividad biológica de los microbios (Benzing, 2000 y 2003).

Los cuatro factores micro ambientales (luz, humedad, temperatura y viento) de los bosques son espacialmente heterogéneos, basados en la composición y estructura del bosque (Geiger, 1965; Parker, 1995, citados por Shaw, 2004). La luz es la más compleja y la que más influye de todas las variables microclimáticas. (Canham, 1993; Endler, 1993; Théry, 2001, citados por Shaw, 2004).

Parker *et al.* 2002, citados por Shaw (2004), han propuesto una subdivisión vertical del dosel en tres zonas, basados sobre las pautas de la media y la varianza de la transmisión vertical de luz: brillante, de transición, y penumbra (tenue). La zona brillante (parte superior del dosel) se caracteriza por una alta transmitancia y baja variabilidad; la zona de transición (a mediados del dosel), donde es más variable la transmitancia y la media cambia rápidamente con la altura; y la zona de penumbra (dosel inferior) que se caracteriza por una baja transmitancia y variabilidad (Figura 1).



**Figura 1:** Estratificación vertical del dosel propuesta por Parker *et al.* (2002), donde  $\bar{T}$  significa la transmitancia y  $\downarrow$  indica baja variabilidad.

Parker *et al.* (2002) han demostrado que la zona brillante es amplia y la zona de penumbra es estrecha, debido a la diferenciación vertical de la cubierta con la edad del bosque. Los bosques más jóvenes tienen una estrecha zona brillante y una gran zona de tenue o de penumbra. La altura del dosel y el tamaño de los árboles son los que definen las características del bosque, incluso el tipo de vegetación de menor estatura exhibe patrones verticales (Moffett, 2001).

### III METODOLOGÍA

#### 3.1 Descripción del Área en Estudio

El municipio de San Juan Opico, en el departamento de La Libertad, está situado en una planicie a 510 msnm. Sus coordenadas geográficas centrales, son: 13°52'32 LN y 89°21'31 LWG (MARN, 2004). La Laguna Caldera, se sitúa en el cantón de San Nicolás Los Encuentros, en un cráter a 4 Km al Este de la ciudad de San Juan Opico, con una elevación del espejo de agua de 490 msnm (MARN 2004) (Figura 2). La laguna posee una profundidad superior a los 10 metros en su centro y experimenta azuframientos al menos una vez al año (Jiménez *et al.* 2004).

##### 3.1.1 Clima

Según datos obtenidos del informe climatológico 2003, el Sistema Nacional de Estudios Territoriales (SNET), reporta valores promedios anuales de los siguientes parámetros: humedad relativa de 78.91%, precipitación 1,875 mm, temperatura ambiente 19-22 °C. El rumbo de los vientos es predominantemente del Norte en época seca, y del Sureste en época lluviosa, con una velocidad promedio de 8 Km/h. (PREPAC<sup>1</sup> 2005).

##### 3.1.2 Información biofísica

La laguna caldera pertenece a la unidad de paisaje colada volcánica de El Playón. Rango altitudinal 550 – 1,330 msnm presenta sucesiones de vegetación sobre lavas de diferentes edades. Los materiales 90% son efusivas básicas-intermedias, 5% conos de acumulación (escorias, tobas de lapilli, cinder) y 5% cenizas volcánicas y

---

<sup>1</sup> Plan Regional de Pesca y Acuicultura Regional

tobas de lapilli todos los materiales de la Formación San Salvador. La parte sur de la unidad de paisaje es asimilable a una plataforma inclinada, ya que se corresponde con las estribaciones meridionales del volcán de Quezaltepeque; la parte norte de la unidad constituye una superficie plana. La unidad de paisaje es en realidad una colada volcánica procedente del volcán de Quezaltepeque. La característica más sobresaliente es la relacionada a su ubicación geográfica, se ubica en una zona Arqueológica de gran actividad volcánica. Los suelos presentes son 47% Litosoles y Regosoles, 45% Andosoles y Regosoles y 8% Regosoles Latosoles Arcillosos Rojizos y Andosoles.

### **3.1.3 Datos socioeconómicos**

El uso principal de la laguna es para fines de estudio por parte de la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas (UCA) y como zona recreativa.

No hay ONG's trabajando en la zona ni otros proyectos o programas en ejecución.

Según el Anuario Estadístico para 1995, la población para el Cantón San Nicolás Los Encuentros, era de 1,069 habitantes, 50.51% hombres y 49.48% mujeres. La tarifa de salario mínimo para trabajadores del sector agropecuario, está determinado en \$ 54.9 mensuales (CSJ, 1995). Según el entrevistado en el lugar el salario mensual generalmente nunca asciende más allá de los cien dólares por familia. Los habitantes de las comunidades del cantón San Nicolás cuentan con los siguientes servicios básicos: luz eléctrica, puesto de salud y escuela. Ninguna comunidad tiene servicio de agua potable, teléfono, ni carretera asfaltada. No hay ningún tipo de asociatividad. En el cantón El Pedregal, la mayoría de mujeres se dedican exclusivamente al cuidado de la familia y a labores del hogar.

### **3.1.4 Flora**

La vegetación en la cuenca de la Laguna Caldera, se caracteriza por ser caducifolia aunque hay algunos árboles que son perennifolios. Se trata de una vegetación que está compuesta por especies del estrato arbóreo (árboles muy grandes), árboles medianos (arbustivas) y herbáceos. Entre los árboles, destaca el crecimiento de *Ceiba pentandra* “ceiba”, *Lysiloma divaricatum* “cincho”, *Cedrela odorata* “cedro”, *Triplaris melaenodendron* “mulato”, *Sapium* sp. “chilamate”, *Ficus* sp “amate”, *Terminalia oblonga* “volador”, *Sterculia apetala* “castaño”, *Cochlospermum vitifolium* “tecomasuche”, *Cecropia peltata* “guarumo”, *Spondias mombin* “jocote jobo”, *Bauhinia* sp. “pata de venado”, *Brossimun alicastrum* “ojushte”, *Carica cauliflora* “papayita, melocotón”, *Sideroxylon capiri subsp. tempisque* “tempisque”, *Plumeria rubra* “flor de mayo”, *Lonchocarpus minimiflorus* “cincho”, *Castilla elastica* “palo de hule”, *Garcia nutans* “avellano”, *Inga* sp. “pepeto”, *Mangifera indica* “mango”, *Guazuma ulmifolia* “caulote”, *Stemmadenia donnel-smitii* “cojón de puerco”, *Urera baccifera* “chichicaste”, entre otros. Con respecto al estrato arbustivo y herbáceo, que predomina en el sitio, se encuentran especies como *Piper* sp. “cordoncillo”, *Hamelia patens* “chichipince”, *Opuntia* sp.”nopal”, *Stenocereus* sp. “cactus”, *Hylocereus* sp. “pitahaya”, *Dorstenia contrajerva* “contrahierba”, *Oeceoclades maculata*, *Passiflora* sp “granadilla de culebra”, *Lantana camara* “cinco negritos”, *Singonium salvadorensis* “enredadera”, *Momordica charantia* “bejuco”, entre otras.<sup>2</sup>

### 3.1.5 Fauna

---

<sup>2</sup> Observaciones personales del autor. 2008

**Peces:** se reportan tres especies las cuales son: *Oreochromis niloticus* “tilapia”, *Parachromis managuensis* “guapote tigre”, *Poecilia sphenops* “chimbolo común”. (PREPAC 2005).

**Anfibios:** se reportan ocho especies las cuales son: *Rhinella marina* “sapo sabanero”, *Incilius leutkenii* “sapo amarillo”, *Incilius coccifer*, *Leptodactylus melanonotus*, *Leptodactylus labialis* “ranita de charco”, *Smilisca baudinii* “rana arbórea”, *Hyla robertmertensi*, *Lithobates forreri*.<sup>3</sup>

**Reptiles:** se encuentran ocho especies las cuales son: *Norops sp.* “bebe leche”, *Ameiva undulata* “lagartija”, *Sceloporus malachiticus* “talconete”, *Iguana iguana* “iguana”, *Ctenosaura similis* “garrobo”, *Boa constrictor* “mazacuata”, *Oxibelis aeneus* “bejuquilla”, *Leptodeira annulata*.<sup>4</sup>

**Aves:** se encuentran 22 especies las cuales son: *Zenaida asiatica* “paloma ala blanca”, *Campylorhynchus rufinucha* “guacalchía”, *Patagioenas flavirostris* “paloma morada”, *Cathartes aura* “zope cabeza roja”, *Icterus galbula*, *Icterus sp.*, *Porphirula martinica*, *Coragyps atratus* “zopilote”, *Pitangus sulphuratus* “dichosofuí”, *Columbina talpacoti* “tortolita”, *Brotogeris jugularis* “catalnica”, *Momotus momota* “talapo”, *Eumomota superciliosa* “torogoz”, *Piaya cayana* “plátano asado”, *Amazilia rutila* “colibrí”, *Melanerpes aurifrons* “carpintero”, *Calocitta formosa* “urraca”, *Thraupis episcopus*, *Thraupis abbas*, *Myiozetetes similis*, *Quiscalus mexicanus*, *Turdus grayii*.<sup>5</sup>

---

<sup>3</sup>.Observaciones personales del autor. 2008

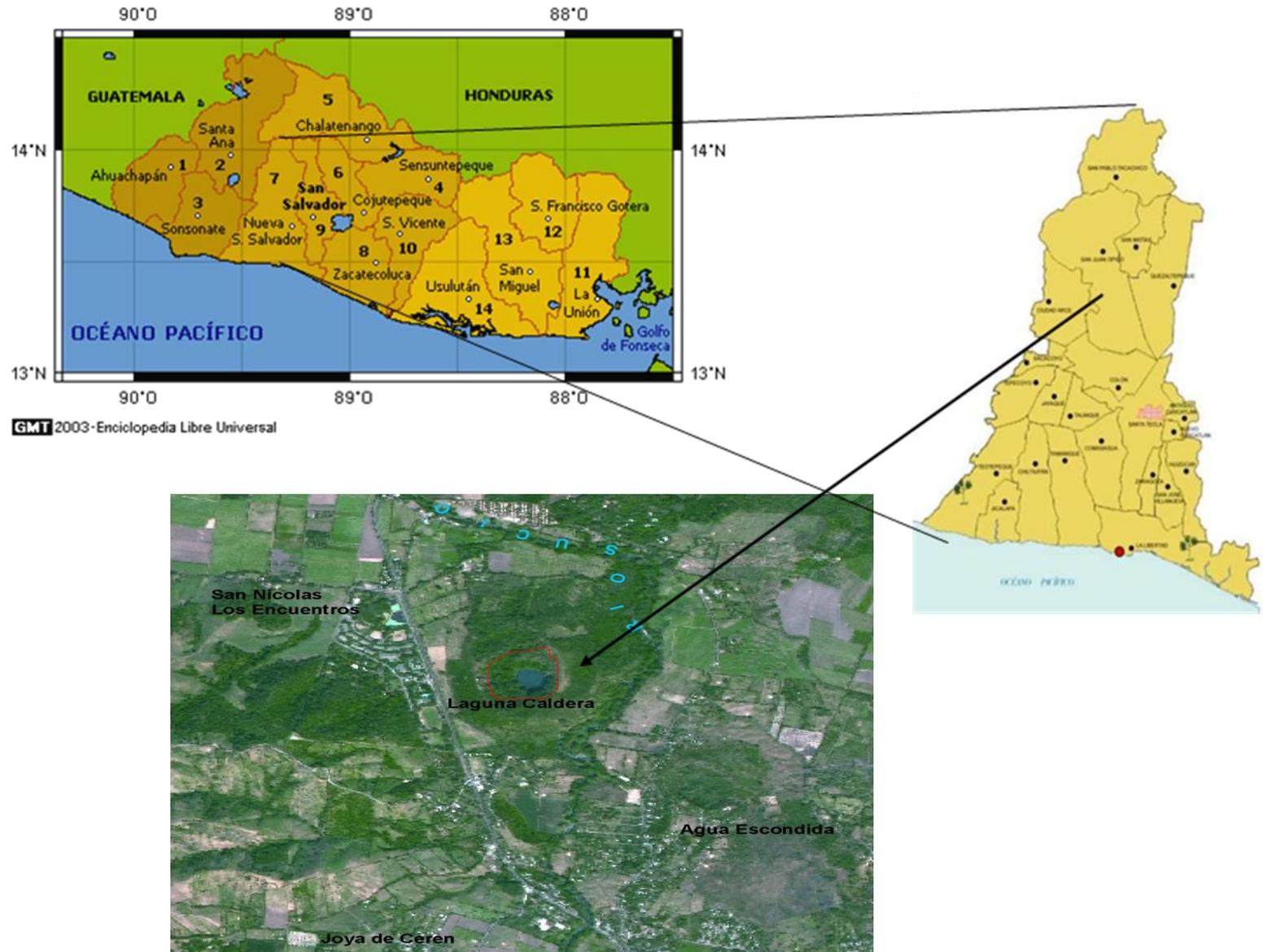
<sup>4</sup> Comunicación personal: Manuel Vicente Meléndez Calderón, Administrador Centro Experimental UCA

<sup>5</sup> Observaciones personales del autor. 2008

**Mamíferos:** se encuentran cinco especies las cuales son: *Dasyus novemcinctus* “cuzuco”, *Procion lotor* “mapache”, *Herpailurus yaguaroundi* “gato zonto”, *Didelphys marsupiales* “tacuazín”, *Xiurus variegatoides* “ardilla”.<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> Comunicación personal: Manuel Vicente Meléndez Calderón, Administrador Centro Experimental UCA



**Figura 2.** Mapa de Ubicación del Municipio de San Juan Opico y toma satelital de la Laguna Caldera y alrededores (Fuente: Google Earth, 2008. sin escala.

### 3.2 Metodología de Campo

El muestreo de plantas vasculares epifitas, se realizó en un área de 2 ha, de la cuenca de la Laguna Caldera, durante los meses de agosto a diciembre de 2009, sin tomar en cuenta la ribera del lado este, ya que presenta una pendiente a la que no se puede tener acceso.

La selección de los árboles hospederos se hizo por reconocimiento directo, tomando en cuenta la propuesta de Giongo & Waechter, (2004), quienes plantean utilizar árboles con presencia de epífitas y un mínimo de 10 cm DAP (31.5 cm de CAP, diámetro a 1.50m desde el suelo). Se contabilizaron 36 árboles que presentaban epífitas, no obstante sólo 28 presentaron la segunda condición, a estos 28 forofitos se les aplicó la fórmula propuesta por Pita Fernández (1996), para determinar muestras en poblaciones finitas como se describe a continuación:

$$n = \frac{N * Z_a^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_a^2 * p * q} \quad n = \frac{28 \times 1.96^2 \times 0.05 \times 0.95}{3^2 \times (28 - 1) + 1.96^2 \times 0.05 \times 0.95} = 24.70$$

Donde:

N = total de la población (28);

$Z_a^2$  = nivel de confianza prefijado ( $1.96^2$  si la seguridad es del 95%);

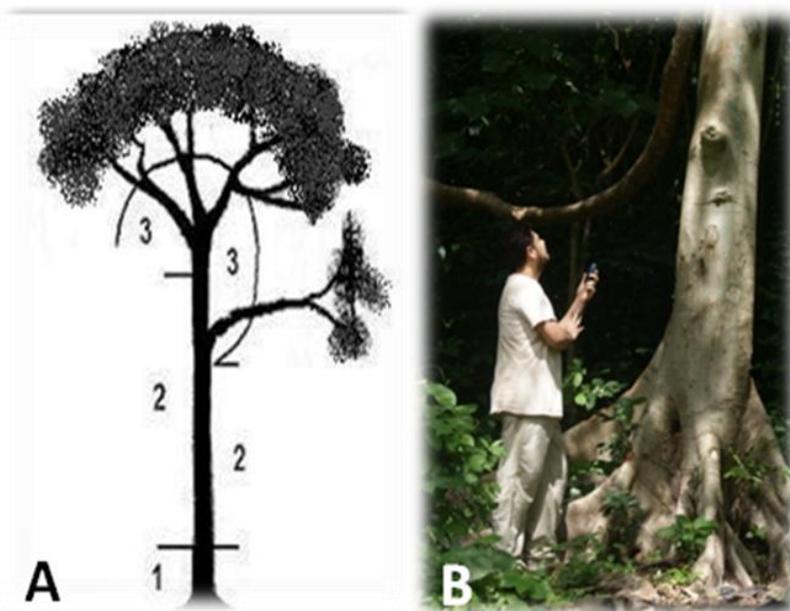
p = proporción esperada (en este caso 5% = 0.05);

q = 1 – p (en este caso 1-0.05 = 0.95);

d = precisión (en este caso deseamos un 3%).

Habiéndose definido el número de hospederos a muestrear, se escogieron al azar 24 de los 28 árboles, con un muestreo aleatorio simple, utilizando la técnica de

números aleatorios con las especies de árboles hospederos, éstos se depositaron en una bolsa y fueron escogidos al azar sacándose uno por uno. Cada árbol hospedero se dividió en tres zonas ( Figura 3 A, Zona 1: 0-2 m; Zona 2: 2 m-primera ramificación mayor en el árbol; y Zona 3: copa) los cuales se georeferenciaron con un GPS Garmin E-trex; se les tomó el DAP y se contabilizó e identificó las especies de epifitas presentes en ellos, así como la altura a la cual se encontraron, con un distanciómetro láser Leica (Figura 3 B, Anexo 1).



**Figura 3.** A). Estratificación del árbol en tres zonas diferentes para realizar la colecta (tomado y modificado de Catchpole 2004). B) Toma de coordenadas a la ubicación de los árboles muestreados con el GPS.

### 3.3 Metodología de Laboratorio

En el transcurso del muestreo se colectaron al menos 3 ejemplares de las diferentes especies de epífitas vasculares, se prensaron y secaron (Figura 4); y se tomaron fotografías para su posterior identificación. La identificación de las muestras se realizó con claves taxonómicas como Flora de Nicaragua, bibliografía especializada y revisiones de muestras digitalizadas de herbarios en línea (Tropicos MBG, Neotropical Herbarium Specimens y Smithsonian Tropical Research Institute, Plant Image Database). Las muestras fueron depositadas en los herbarios de la Escuela de Biología de la Universidad de El Salvador (ITIC), el herbario del Jardín Botánico La Laguna (LAGU), y el herbario del Museo de Historia Natural de El Salvador (MHES).



**Figura 4.** A) Colecta, B) Prensado, C) Secado de plantas vasculares epífitas muestreadas en el periodo de septiembre a diciembre de 2009.

### 3.4 Análisis de datos

La clasificación, con modificaciones, que se utilizó en esta investigación, fué la descrita por (Benzing, 2003), tal y como se describe a continuación.

#### 1. Autótrofas

1. a. Epífitas verdaderas (bromelias, orquídeas, piperáceas, helechos), etc.
1. b. Hemi epifitas (*Ficus* estranguladores, aráceas, y trepadoras.)
1. c. Epífitas accidentales, las que no se tenga reporte de hábito epífita.

#### 2. Heterótrofas

2. a. Parásitas (matapalos o miembros de familias Viscaceae y Loranthaceae).

Para el análisis de datos se utilizó una prueba de correlación para determinar el nivel de relación existente entre el DAP de los árboles muestreados y la cantidad de individuos por rangos de DAP; una prueba de Kruskal Wallis para obtener la riqueza de especies en las 3 zonas en que fueron divididos los forofitos, estos análisis fueron realizados con el el paquete estadístico STATISTICA versión 7.0; los índices de biodiversidad de Shannon Wiener, Simpson y Margalef, fueron realizados con el paquete estadístico PAST. El Índice de Valor de Importancia Epífita (IVIE) fue calculado en el programa Microsoft office Excel 2007..

## IV RESULTADOS

### 4.1. Composición de las Plantas Vasculares Epifitas

Se muestreó un total de 24 árboles, pertenecientes a 14 especies, a los cuales se les tomó la ubicación geográfica, la altura total y el DAP (cuadro 1). Se encontraron 923 individuos de plantas vasculares epífitas, pertenecientes a 17 familias, 33 géneros y 39 especies (cuadro 2), incluyendo epífitas estrictas, hemiepífitas y lianas. Los 923 individuos se distribuyen en 17 familias, de las cuáles, la familia Bromeliaceae, obtuvo 625 individuos distribuidos en 5 especies, 4 del género *Tillandsia* y una perteneciente al género *Catopsis*; , la familia Orchidaceae contó con 126 individuos, distribuidos en 10 especies, la especie con mayor número de individuos fue *Epidendrum stamfordianum*, con 43 individuos; entre las familias restantes, Araceae, Piperaceae y el grupo Pteridophyta que incluye las familias Lygodiaceae, Polypodiaceae y Pteridaceae, son las más abundantes tal como se muestra en el cuadro 3. En la figura 5 se muestra la cantidad de especies de vasculares epifitas por familia.

### 4.2 Distribución Vertical de las Plantas Vasculares Epifitas

Con respecto a la estratificación vertical de las epífitas vasculares y a la zona en que se dividieron los forofitos, se encontró que la zona preferida por las especies de epífitas es la zona 3 o copa, ya que se encontraron 28 de las 39 especies en dicha zona, siendo la familia Orchidaceae la más representada tal como se muestra en el cuadro 4 y en la figura 6. Otro de los parámetros medidos fue la altura a la cual las

epífitas utilizaban el forofito como sustrato, ya que ésta puede estar determinando la obtención, cantidad y calidad de los recursos luz, humedad y nutrientes. La altura fue medida con un distanciómetro láser para cada uno de los 923 individuos de plantas vasculares epífitas muestreados, encontrándose la distribución que se muestra en el cuadro 5 y la figura 7; así como la altura a la que se encuentra distribuida cada especie (cuadro 6). En la figura 8 se presenta la estratificación vertical de los principales grupos de epífitas, obsérvese que la familia Bromeliaceae tiene un mayor rango de distribución en altura.

#### **4.3 Relación entre las características de los forofitos en la composición y distribución de las plantas vasculares epífitas.**

Durante el muestreo se encontró que el 95% de las epífitas se distribuye en árboles con DAP mayores a 50 cm, lo que sugiere una tendencia a que la distribución de las vasculares epífitas está restringida a los árboles que ofrecen mayor cantidad de zonas para colonizar, es decir los árboles de mayor edad ( $R=0.81$ ;  $Z=2.65$ ;  $P=0.007$ ), tal como se muestra en el cuadro 7 y figura 9; en la figura 10 se presenta la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis ( $H=19.70$ ;  $N=72$ ;  $P<0.005$ ) para comparar la riqueza promedio de las epífitas en las 3 zonas de los 24 árboles muestreados, en la cual se obtuvo una tendencia a mayor riqueza en la zona 3 o copa.

#### **4.4 Índices de Diversidad**

Durante el muestreo se contabilizaron los individuos de las diferentes especies con el propósito de obtener los índices de diversidad de Shanon-Wiener y Simpson,

los cuales presentaron valores de 2.13 y 0.73 respectivamente, lo que indica que la distribución de las especies no es equitativa y algunas especies dominan sobre otras (Bromelias mejor distribuidas y dominantes sobre las demás epífitas). El índice de Margalef presentó un valor de 5.56, lo cual indica una alta riqueza de las especies (condicionado por la alta cantidad de individuos encontrada) como se muestra en el cuadro 8, estos índices fueron calculados con el paquete estadístico PAST versión 2.0. Además una media de las frecuencias relativas de las vasculares epífitas fue calculada y se expresa como Índice de Valor de Importancia Epífita (IVle), donde las especies con mayor IVle fueron *Philodendron jacquinii* con un valor de 10.0 ya que esta especie apareció en 9 árboles de los 24 muestreados; en segundo lugar *Tillandsia remota* con un valor de 8.61, en tercer lugar *Epidendrum stamfordianum* con un valor de 5.20, tal como se muestra en el cuadro 9; en el cuadro 10 y figura 11, se muestra el IVle para las 17 familias representadas en este estudio.

**Cuadro 1.** Nombre científico, posición geográfica, altura y DAP de los 24 árboles hospederos en los que se muestrearon las plantas vasculares epifitas, en la Cuenca de la Laguna Caldera, San Juan Opico.

No	Especie del árbol	Georeferencia	Altura (m)	DAP
1	<i>Acacia polyphylla</i>	13°50.14' N, 089°21.49' W	21	12.73
2	<i>Castilla elastica</i>	13°50.14' N, 089°21.51' W	22	54.11
3	<i>Cecropia peltata</i>	13°50.09' N, 089°21.48' W	12	31.19
4	<i>Cedrela odorata</i>	13°50.15' N, 089°21.49' W	18	50.61
5	<i>Ceiba aesculifolia</i>	13°50.14' N, 089°21.51' W	32	145.47
6	<i>Ficus sp. 1</i>	13°50.11' N, 089°21.50' W	30	66.84
7	<i>Ficus sp. 1</i>	13°50.14' N, 089°21.49' W	21	44.56
8	<i>Luhea candida</i>	13°50.18' N, 089°21.50' W	17	10.82
9	<i>Luhea candida</i>	13°50.09' N, 089°21.49' W	21	29.6
10	<i>Lysiloma divaricatum</i>	13°50.14' N, 089°21.51' W	23	54.11
11	<i>Lysiloma divaricatum</i>	13°50.13' N, 089°21.51' W	33	61.43
12	<i>Lysiloma divaricatum</i>	13°50.11' N, 089°21.50' W	18	76.39
13	<i>Lysiloma divaricatum</i>	13°50.11' N, 089°21.48' W	16	52.2
14	<i>Manguifera indica</i>	13°50.15' N, 089°21.50' W	10	20.69
15	<i>Manguifera indica</i>	13°50.07' N, 089°21.48' W	14	33.26
16	<i>Plumeria rubra.</i>	13°50.11' N, 089°21.50' W	24	55.38
17	<i>Spondias sp.</i>	13°50.17' N, 089°21.51' W	23	110.13
18	<i>Spondias sp. 1</i>	13°50.10' N, 089°21.50' W	17	51.88
19	<i>Sterculia apetala</i>	13°50.14' N, 089°21.50' W	20	61.43
20	<i>Sterculia apetala</i>	13°50.11' N, 089°21.49' W	19	67.48
21	<i>Syderoxylon capiri subsp. Tempisque</i>	13°50.09' N, 089°21.48' W	20	42.17
22	<i>Trichilia havanensis</i>	13°50.18' N, 089°21.50' W	24	15.6
23	<i>Trichilia havanensis</i>	13°50.11' N, 089°21.49' W	16	79.57
24	<i>Trichilia havanensis</i>	13°50.09' N, 089°21.49' W	10	29.67

**Cuadro 2.** Número de familias, géneros y especies de PVE muestreadas entre los meses de agosto a diciembre de 2009 en la cuenca de la Laguna Caldera, San Juan Opico y clasificación de las PVE utilizada en este estudio.

No	Familia	Género	Especie	Clasificación
1	Araceae	<i>Syngonium</i>	<i>podophyllum</i>	Hemiepífita primaria
		<i>Philodendron</i>	<i>jacquinii</i>	
2	Bignoniaceae	<i>Arrabidaea</i>	<i>patellifera</i>	
		<i>Pithecoctenium</i>	<i>crucigerum</i>	
		<i>Macfadyena</i>	<i>unguis-cati</i>	
3	Bromeliaceae	<i>Tillandsia</i>	<i>remota</i>	
		<i>Tillandsia</i>	<i>schiedeana</i>	
		<i>Tillandsia</i>	<i>fasciculata</i>	
		<i>Tillandsia</i>	<i>caput-medusae</i>	
		<i>Catopsis</i>	<i>nutans</i>	
4	Cactaceae	<i>Hylocereus</i>	<i>guatemalensis</i>	Hemiepífita primaria
5	Convolvulaceae	<i>Ipomoea</i>	<i>nil</i>	
		<i>Convolvulus</i>	<i>nodiflorus</i>	
6	Dilleniaceae	<i>Tetracera</i>	<i>volubilis</i>	
7	Fabaceae	<i>Entadopsis</i>	<i>polystachya</i>	
		<i>Mucuna</i>	<i>sp.</i>	
8	Gesneriaceae	<i>Drymonia</i>	<i>serrulata</i>	Hemiepífita secundaria
9	Lygodiaceae	<i>Lygodium</i>	<i>venustum</i>	
10	Moraceae	<i>Ficus</i>	<i>sp.</i>	Epífita estricta
11	Orchidaceae	<i>Barkeria</i>	<i>obovata</i>	
		<i>Brassavola</i>	<i>cucullata</i>	
		<i>Catasetum</i>	<i>integerrimum</i>	
		<i>Encyclia</i>	<i>cordigera</i>	
		<i>Encyclia</i>	<i>mexicana</i>	
		<i>Epidendrum</i>	<i>stamfordianum</i>	
		<i>Laelia</i>	<i>rubescens</i>	
		<i>Meiracyllium</i>	<i>trinasutum</i>	
		<i>Oncidium</i>	<i>carthagenense</i>	
<i>Oncidium</i>	<i>cebolleta</i>			
12	Piperaceae	<i>Peperomia</i>	<i>ciclophylla</i>	Epífita estricta
13	Polypodiaceae	<i>Polypodium</i>	<i>furfuraceum</i>	Epífita estricta
		<i>Pecluma</i>	<i>alfredi subsp. Cupreolepis</i>	
		<i>Polypodium</i>	<i>colpodes</i>	
		<i>Pleopeltis</i>	<i>astrolepis</i>	
14	Pteridaceae	<i>Hemionitis</i>	<i>pinnatifida</i>	Epífita accidental
15	Sapindaceae	<i>Paullinia</i>	<i>sp.</i>	Hemiepífita primaria
16	Urticaceae	<i>Urera</i>	<i>caracasana</i>	Epífita accidental
		<i>Myriocarpa</i>	<i>longipes</i>	Epífita accidental
17	Viscaceae	<i>Phoradendron</i>	<i>sp.</i>	Epífita estricta

**Cuadro 3.** Muestra la abundancia y porcentaje de individuos epífitos por familia encontrados en el muestreo de agosto a diciembre de 2009, en la cuenca de la Laguna Caldera, San Juan Opico, la mayor cantidad de individuos está dada por la barra azul y roja.

No	Familia	Nº Especies	Abund.	%
1	Araceae	2	20	2.17
2	Bignoniaceae	3	7	0.76
3	Bromeliaceae	5	622	67.39
4	Cactaceae	1	9	0.98
5	Convolvulaceae	2	5	0.54
6	Dilleniaceae	1	2	0.22
7	Fabaceae	2	2	0.22
8	Gesneriaceae	1	6	0.65
9	Lygodiaceae	1	1	0.11
10	Moraceae	1	2	0.22
11	Orchidaceae	10	126	13.65
12	Peperomiaceae	1	22	2.38
13	Polypodiaceae	4	30	3.25
14	Pteridaceae	1	1	0.11
15	Sapindaceae	1	1	0.11
16	Urticaceae	2	3	0.33
17	Viscaceae	1	64	6.93
	<b>Total</b>	<b>39</b>	<b>923</b>	<b>100.00</b>

**Cuadro 4.** Cantidad de especies de PVE por familia y su preferencia por las zonas del forofito, en el muestreo de agosto a diciembre de 2009, en la cuenca de la Laguna Caldera, San Juan Opico.

FAMILIAS	Familias	Cantidad de especies por zona		
		Z1	Z2	Z3
	Bromeliaceae			
	Orchidaceae	0	4	5
	Polypodiaceae	1	5	10
	Araceae	0	0	4
	Cactaceae	2	2	0
	Viscaceae	0	0	1
	Peperomiaceae	0	0	1
	Pteridaceae	0	1	1
	Bignoniaceae	1	0	1
	Convolvulaceae	2	0	0
	Otras	1	0	2
	<b>Total</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>3</b>

**Cuadro 5.** Número de individuos de PVE distribuidos en los diferentes rangos de altura establecidos en las especies arbóreas, en el muestreo de agosto a diciembre de 2009, en la cuenca de la Laguna Caldera, San Juan Opico.

Rangos altura (m)	Individuos
0-5.0	51
5.0-10	70
10.0-15	371
15.0-20	366
20.0-25	45
25.0-30	18
30.0-35	2
Total	923

**Cuadro 6.** Número de especies de PVE distribuidos en los diferentes rangos de altura establecidos en las especies arbóreas, frecuencia total de individuos y porcentaje, en el muestreo de agosto a diciembre de 2009, en la cuenca de la Laguna Caldera, San Juan Opico.

	Rangos de altura							Frecuencia: Total Individuos	Porcentaje
	0-5.0	5.0-10	10.0-15	15.0-20	20.0-25	25.0-30	30.0-35		
<i>Syngonium podophyllum</i>	9	0	0	0	0	0	0	9	0.98
<i>Philodendron jacquinii</i>	11	0	0	0	0	0	0	11	1.19
<i>Arrabidaea patelífera</i>	0	0	1	0	0	0	0	1	0.11
<i>Pithecoctenium crucigerum</i>	1	0	0	0	0	0	0	1	0.11
<i>Macfadyena unguis-cati</i>	5	0	0	0	0	0	0	5	0.54
<i>Tillandsia remota</i>	0	21	175	228	21	9	0	454	49.19
<i>Tillandsia schiedeana</i>	1	14	33	26	3	0	0	77	8.34
<i>Tillandsia fasciculata</i>	0	2	45	12	11	2	1	73	7.91
<i>Tillandsia caput-medusae</i>	0	3	3	3	0	0	0	9	0.98
<i>Catopsis nutans</i>	0	0	1	1	3	5	1	11	1.19
<i>Hylocereus guatemalensis</i>	2	3	4	0	0	0	0	9	0.98
<i>Ipomoea nil</i>	2	0	0	1	0	0	0	3	0.33
<i>Convolvulus nodiflorus</i>	0	0	1	1	0	0	0	2	0.22
<i>Entadopsis polystachya</i>	0	0	0	1	0	0	0	1	0.11
<i>Tetracera volubilis</i>	0	0	0	1	0	0	0	1	0.11
<i>Mucuna spp.</i>	1	0	0	0	0	0	0	1	0.11
<i>Drymonia serrulata</i>	3	0	3	0	0	0	0	6	0.65
<i>Lygodium venustum</i>	1	0	0	0	0	0	0	1	0.11
<i>Ficus spp.</i>	0	1	1	0	0	0	0	2	0.22
<i>Barkeria obovata</i>	0	2	6	21	0	0	0	29	3.14
<i>Brassavola cucullata</i>	0	3	0	0	0	0	0	3	0.33
<i>Catasetum integerrimum</i>	1	3	2	1	0	0	0	7	0.76
<i>Encyclia cordigera</i>	0	0	0	2	0	0	0	2	0.22
<i>Encyclia mexicana</i>	0	1	5	3	0	0	0	9	0.98

Continuación de cuadro 6.

	Rangos de altura							Total Individuos por especie	Porcentaje
	0-5.0	5.0-10	10.0-15	15.0-20	20.0-25	25.0-30	30.0-35		
<i>Epidendrum stamfordianum</i>	2	4	30	7	0	0	0	43	4.66
<i>Laelia rubescens</i>	0	3	5	5	0	0	0	13	1.41
<i>Meiracyllium trinasutum</i>	0	0	8	0	0	0	0	8	0.87
<i>Oncidium carthagenense</i>	3	0	1	1	0	0	0	5	0.54
<i>Oncidium cebolleta</i>	0	0	4	0	0	0	0	4	0.43
<i>Peperomia cyclophylla</i>	6	4	11	1	0	0	0	22	2.38
<i>Polypodium furfuraceum</i>	0	1	11	1	0	0	0	13	1.41
<i>Pecluma alfreddi</i> subsp. <i>Cupreolepis</i>	0	0	2	3	0	0	0	5	0.54
<i>Polypodium colpodes</i>	0	1	0	4	0	0	0	5	0.54
<i>Pleopeltis astrolepis</i>	0	1	3	2	1	0	0	7	0.76
<i>Hemionitis pinnatifida</i>	1	0	0	0	0	0	0	1	0.11
<i>Paullinia</i> spp.	0	1	0	0	0	0	0	1	0.11
<i>Urera caracasana</i>	1	1	0	0	0	0	0	2	0.22
<i>Myriocarpa longipes</i>	0	0	0	1	0	0	0	1	0.11
<i>Phoradendron</i> spp.	1	1	16	40	6	2	0	66	7.15
<b>Total de individuos por altura</b>	<b>51</b>	<b>70</b>	<b>371</b>	<b>366</b>	<b>45</b>	<b>18</b>	<b>2</b>	<b>923</b>	<b>100</b>

**Cuadro 7.** Número de especies arbóreas hospederas de las PVE, DAP, número de individuos de PVE por especie y porcentaje.

Nº	Especies de Árboles	DAP cm	Individuos	Porcentaje
1	<i>Luhea candida</i>	10.82	6	0.65
2	<i>Acacia polyphylla</i>	12.73	5	0.55
3	<i>Trichilia havanensis</i>	15.6	1	0.11
4	<i>Manguifera indica</i>	20.69	3	0.33
5	<i>Trichilia havanensis</i>	27.69	9	0.98
6	<i>Luhea candida</i>	29.6	4	0.44
7	<i>Lysiloma divaricatum</i>	31.19	2	0.22
8	<i>Cecropia peltata</i>	31.19	1	0.11
9	<i>Manguifera indica</i>	33.26	5	0.55
10	<i>Syderoxilon capiri subsp. Tempisque</i>	42.17	3	0.33
11	<i>Ficus spp.1</i>	44.56	7	0.76
12	<i>Cedrela odorata</i>	50.61	10	1.09
13	<i>Spondias sp.1</i>	51.88	23	2.51
14	<i>Castilla elastica</i>	54.11	57	6.21
15	<i>Lysiloma divaricatum</i>	54.11	38	4.14
16	<i>Plumeria spp.</i>	55.38	20	2.18
17	<i>Sterculia apetala</i>	61.43	131	14.28
18	<i>Lysiloma divaricatum</i>	61.43	39	4.25
19	<i>Ficus sp.1</i>	66.84	69	7.52
20	<i>Sterculia apetala</i>	67.48	149	16.24
21	<i>Lysiloma divaricatum</i>	76.39	44	4.80
22	<i>Trichilia havanensis</i>	79.57	26	2.83
23	<i>Spondias spp.1</i>	110.13	80	8.72
24	<i>Ceiba aesculifolia</i>	145.47	191	20.82
		<b>Total</b>	<b>923</b>	<b>100.61</b>

**Cuadro 8.** Muestra el Índice de Valor de Importancia Epífita por cada una de las familias encontradas durante el muestreo, nótese que las familias Pteridaceae, Lygodiaceae y Polipodiaceae se han agrupado en un solo grupo Pteridophyta.

No	Familia	IVe
1	Orchidaceae	27.94
2	Bromeliaceae	22.58
3	Araceae	15.56
4	Pteridophyta	8.17
5	Cactaceae	4.09
6	Convolvulaceae	4.01
7	Bignoniaceae	3.93
8	Piperaceae	3.41
9	Gesneriaceae	2.82
10	Urticaceae	2.30
11	Dilleniaceae	1.11
12	Moraceae	1.19
13	Fabaceae	1.71
14	Sapindaceae	0.60
15	Viscaceae	0.60
	<b>Total</b>	<b>100.00</b>

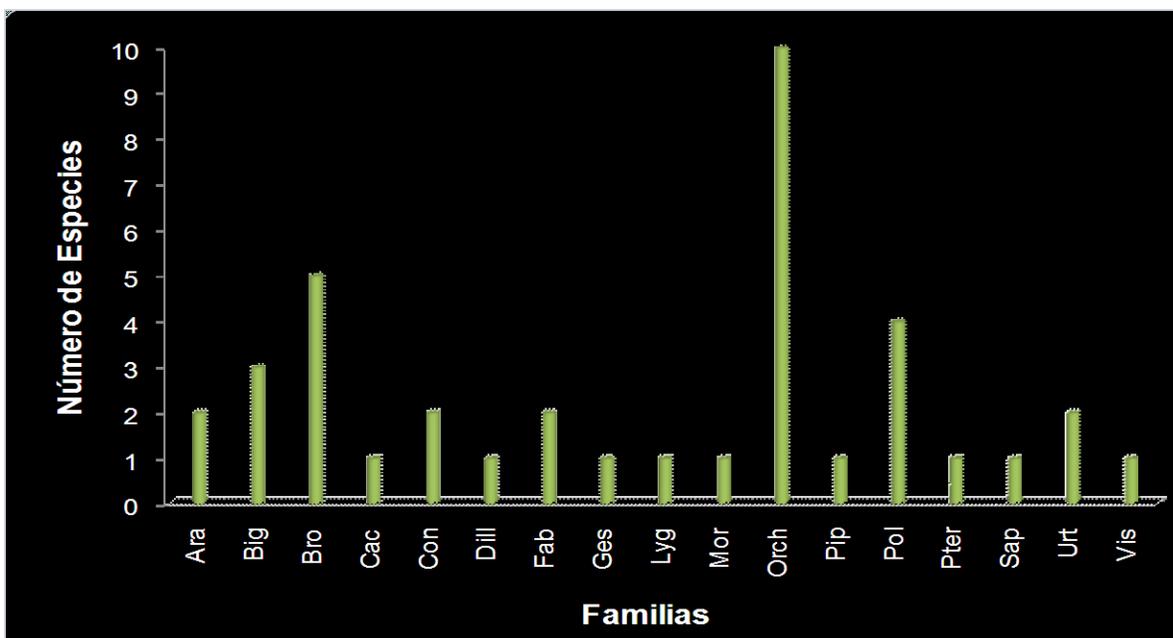
**Cuadro 9.** Índice de Valor de Importancia Epífita (IVle) y las frecuencias relativas de las especies de vasculares epifitas, por zonas de las especies arbóreas, donde: Npi=número de forofitos con ocurrencia de las especies epifitas, Nci=número de copas con ocurrencia de especies epifitas, Nfi=número de fustes con ocurrencia de especies epifitas, FRpi es la frecuencia relativa porcentual por forofito, FRci es la frecuencia relativa de las especies en las copas, FRfi es la frecuencia relativa de las especies en los fustes.

Familia	Especie	Npi	FRpi	Nci	FRci	Nfi	FRfi	IVle
Bromeliaceae	<i>Tillandsia remota</i>	7	5.88	7	8.33	4	8.89	8.61
	<i>Tillandsia fasciculata</i>	6	5.04	6	7.14	1	2.22	4.68
	<i>Tillandsia caput-medusae</i>	4	3.36	3	3.57	2	4.44	4.01
	<i>Tillandsia schiedeana</i>	6	5.04	5	5.95	1	2.22	4.09
	<i>Catopsis nutans</i>	2	1.68	2	2.38	0	0.00	1.19
Polypodiaceae	<i>Polypodium furfuraceum</i>	3	2.52	3	3.57	0	0.00	1.79
	<i>Pecluma alfredi subsp. Cupreolepis</i>	2	1.68	2	2.38	0	0.00	1.19
	<i>Polypodium colpodes</i>	2	1.68	2	2.38	0	0.00	1.19
	<i>Pleopeltis astrolepis</i>	3	2.52	3	3.57	0	0.00	1.79
Lygodiaceae	<i>Lygodium venustum</i>	1	0.84	0	0.00	1	2.22	1.11
Pteridaceae	<i>Hemionitis pinnatifida</i>	1	0.84	0	0.00	1	2.22	1.11
Gesneriaceae	<i>Drymonia serrulata</i>	2	1.68	1	1.19	2	4.44	2.82
Dilleniaceae	<i>Davilla aspera</i>	1	0.84	0	0.00	1	2.22	1.11
Orchidaceae	<i>Brassavola cucullata</i>	2	1.68	2	2.38	1	2.22	2.30
	<i>Laelia rubescens</i>	6	5.04	6	7.14	0	0.00	3.57
	<i>Catasetum integerrimum</i>	6	5.04	5	5.95	1	2.22	4.09
	<i>Encyclia mexicana</i>	4	3.36	4	4.76	0	0.00	2.38
	<i>Oncidium cebolleta</i>	3	2.52	3	3.57	0	0.00	1.79
	<i>Barkeria obovata</i>	2	1.68	2	2.38	0	0.00	1.19
	<i>Epidendrum stamfordianum</i>	5	4.20	5	5.95	2	4.44	5.20

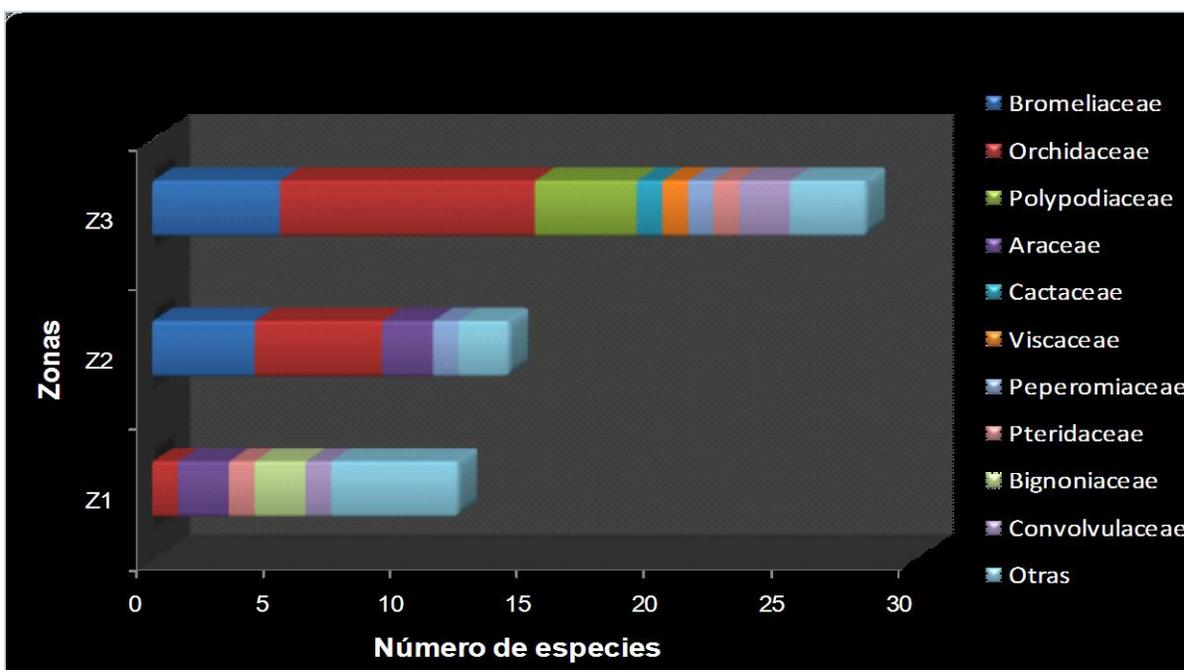
	<i>Oncidium carthagenense</i>	5	4.20	2	2.38	3	6.67	4.52
	<i>Encyclia cordigera</i>	1	0.84	1	1.19	0	0.00	0.60
	<i>Meiracyllium trinasutum</i>	2	1.68	2	2.38	1	2.22	2.30
Moraceae	<i>Ficus spp.</i>	2	1.68	2	2.38	0	0.00	1.19
Bignoniaceae	<i>Pithecoctenium crucigerum</i>	1	0.84	0	0.00	1	2.22	1.11
	<i>Arrabidaea patelifera</i>	1	0.84	1	1.19	0	0.00	0.60
	<i>Macfadyena unguis-cati</i>	2	1.68	0	0.00	2	4.44	2.22
Urticaceae	<i>Urera caracasana</i>	2	1.68	1	1.19	1	2.22	1.71
	<i>Myriocarpa longipes</i>	1	0.84	1	1.19	0	0.00	0.60
Araceae	<i>Philodendron jacquinii</i>	9	7.56	0	0.00	9	20.00	10.00
	<i>Syngonium podophyllum</i>	5	4.20	0	0.00	5	11.11	5.56
Fabaceae	<i>Mucuna spp.</i>	1	0.84	0	0.00	1	2.22	1.11
	<i>Entadopsis palystachya</i>	1	0.84	1	1.19	0	0.00	0.60
Convolvulaceae	<i>Convolvulus nodiflorus</i>	2	1.68	2	2.38	0	0.00	1.19
	<i>Ipomoea nil</i>	3	2.52	1	1.19	2	4.44	2.82
Viscaceae	<i>Phoradendron spp.</i>	1	0.84	1	1.19	0	0.00	0.60
Cactaceae	<i>Hylocereus guatemalensis</i>	6	5.04	5	5.95	1	2.22	4.09
Peperomiaceae	<i>Peperomia cyclophylla</i>	5	4.20	2	2.38	2	4.44	3.41
Sapindaceae	<i>Paulinia spp.</i>	1	0.84	1	1.19	0	0.00	0.60
	Total	119	100	84	100	45	100	100

**Cuadro 10.** Muestra los índices de diversidad alfa obtenidos con las frecuencias relativas de las especies de plantas vasculares epifitas muestreadas en los árboles de la cuenca de la Laguna Caldera, realizados con el paquete estadístico PAST versión 2.0.

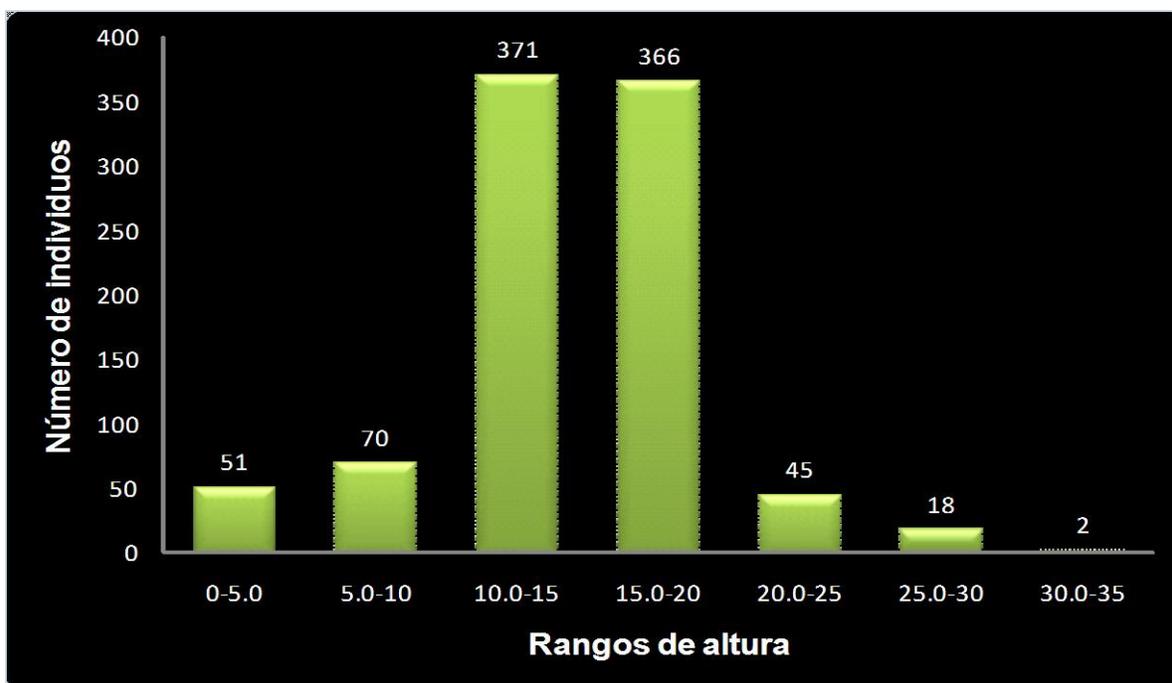
Índices de Diversidad Alfa	
Índice	Valor
Shannon Wiener	2.134
Simpson	0.7345
Margalef	5.566



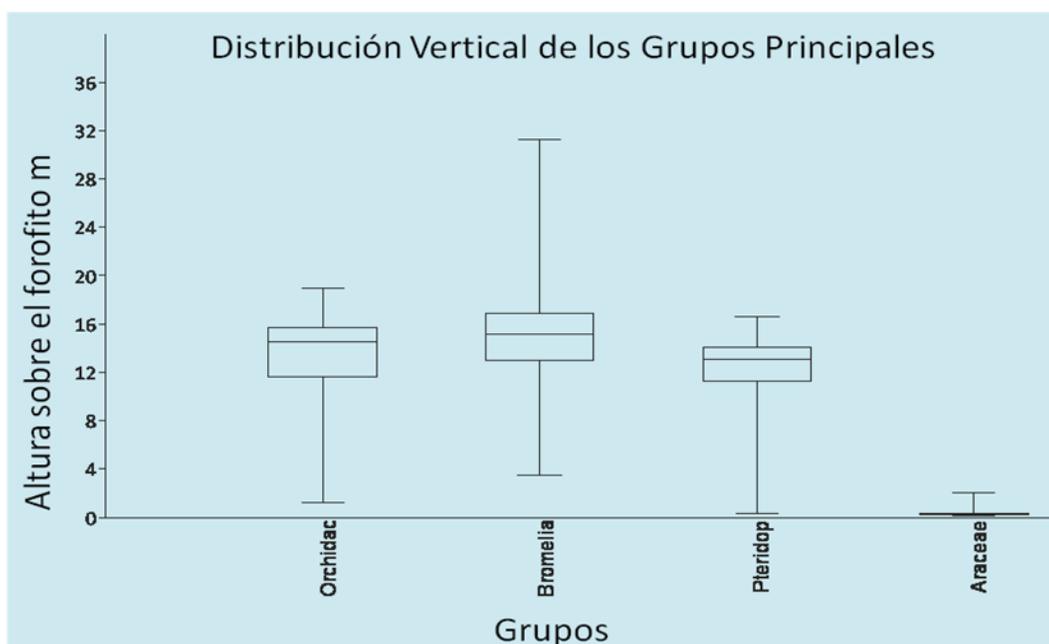
**Figura 5.** Número de especies epifitas por familia en los forofitos de la cuenca de la Laguna Caldera. Ara: Araceae; Big: Bignoniaceae; Bro: Bromeliaceae; Cac: Cactaceae; Con: Convolvulaceae; Dill: Dilleniaceae; Fab: Fabaceae; Ges: Gesneriaceae; Lyg: Lygodiaceae; Mor: Moraceae; Orch: Orchidaceae; Pip: Piperaceae; Pol: Polypodiaceae; Pter: Pteridaceae; Sap: Sapindaceae; Urt: Urticaceae; Vis: Viscaceae.



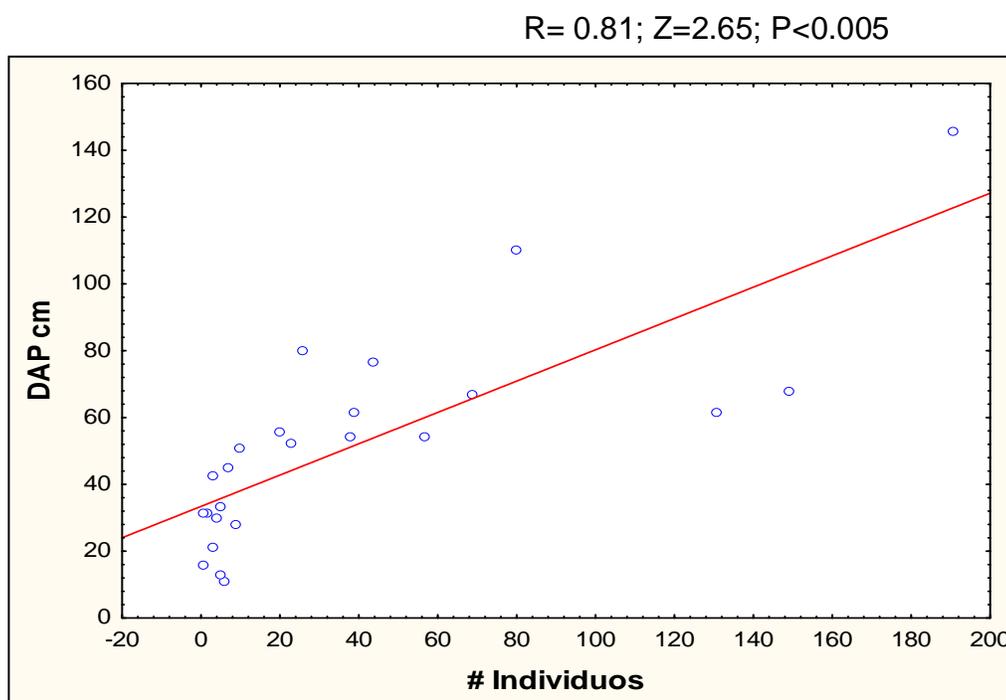
**Figura 6.** Muestra las zonas en que fueron divididos los forofitos muestreados y la preferencia de las especies de plantas vasculares epifitas por familia a cada zona.



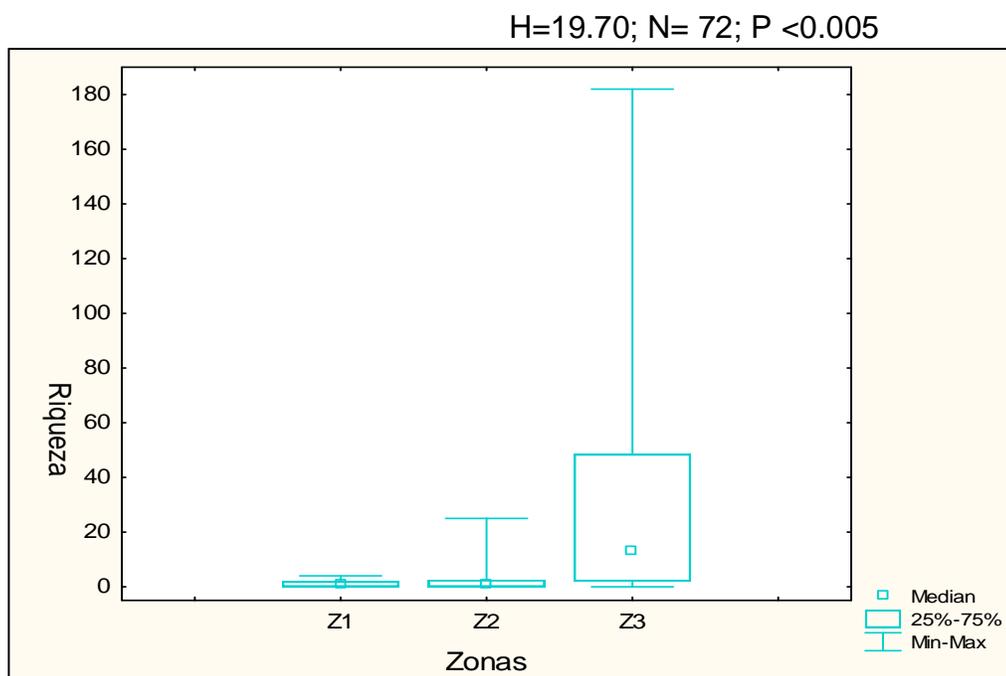
**Figura 7.** Muestra los rangos de altura y la cantidad de individuos muestreados en cada uno de esos rangos.



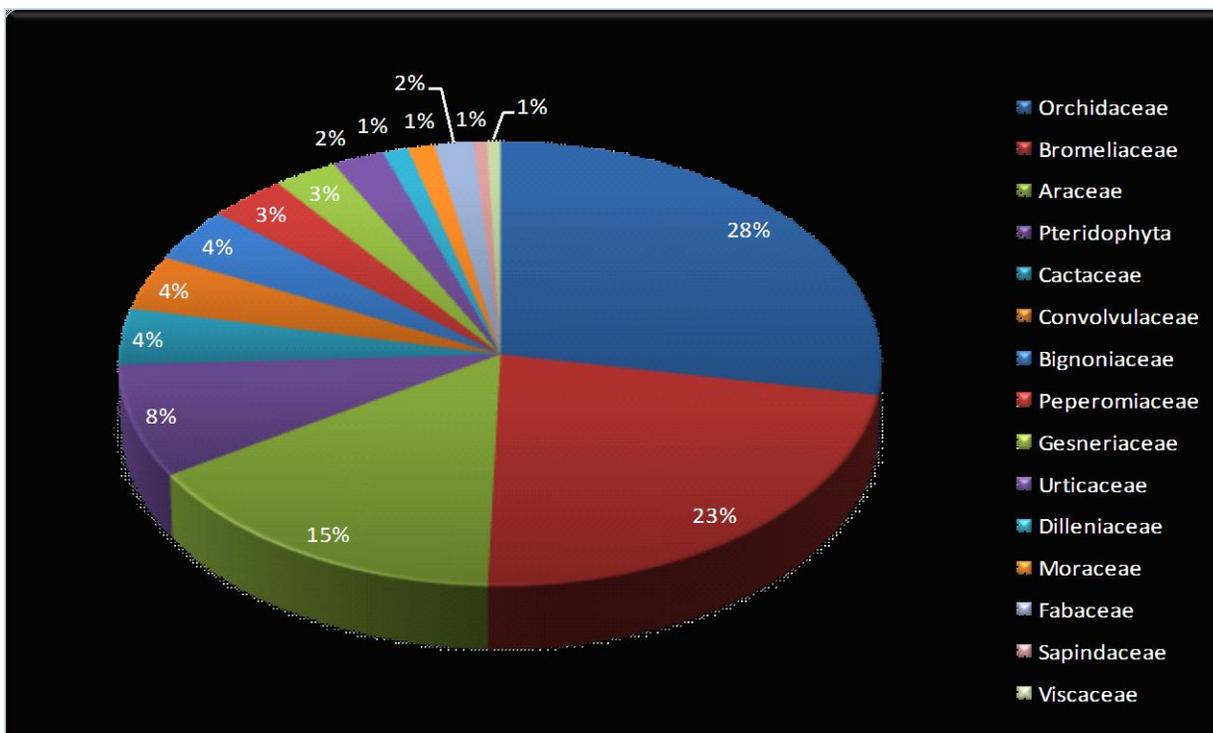
**Figura 8.** Muestra la altura sobre la cual los grupos principales de epifitas que fueron encontrados en este estudio, nótese que la mejor distribución en altura la presenta la familia Bromeliaceae; también es de notar que las medias de los grupos Orchidaceae, Bromeliaceae y Pteridophyta se encuentran en rangos similares.



**Figura 9.** Se presenta la correlación entre la cantidad de individuos de plantas vasculares epífitas por rangos de DAP (diámetro a 1.50 m desde el suelo) de los 24 forfitos muestreados. STATISTICA versión 7.0



**Figura 10.** Se presenta la riqueza promedio de las plantas vasculares epífitas en las 3 zonas de los 24 árboles muestreados. Zona 1 y zona 2 comprenden el fuste, la zona 3 es la copa. STATISTICA versión 7.0



**Figura 11.** Índice de valor de importancia porcentual para las 17 familias de plantas vasculares epifitas, nótese que las familias Orchidaceae, Bromeliaceae y Araceae son las familias con un mayor valor de IVIe.

## V DISCUSIÓN

### 4.1 Composición de las plantas vasculares epifitas

Con respecto a la composición de las Plantas Vasculares Epifitas (PVE) en los forofitos muestreados de la cuenca de la Laguna Caldera, se encontró un total de 17 familias, 33 géneros y 39 especies, lo que indica que las especies presentes para el lugar están adaptadas a zonas de selva baja caducifolia, la cual representa el límite hídrico y térmico para las especies vegetales.

Las familias mejor representadas son Bromeliaceae que representan el 67.32 % del total de individuos, con 5 especies, 4 pertenecientes al género *Tillandsia* que son característicos del tipo de vegetación encontrado en la zona de estudio, según lo reportan Challenger (1998) y Pennington & Sarukhan (1998) y una al género *Catopsis*. La familia Orchidaceae con 10 especies, distribuidas en 8 géneros, representa el 13.64 % de los individuos y la familia Polypodiaceae con 4 especies, distribuidas en 3 géneros que representan el 3.25 % de los individuos. No obstante en la Familia Viscaceae, representada por solo una especie indeterminada del género *Phoradendrum sp.*, con una considerable cantidad de individuos.

Acebey & Krömer (2001) en la cuenca de la laguna Chalalán, Bolivia; encontraron 19 familias de epifitas y una mayor cantidad de especies de la familia Orchidaceae con un 36.1 %, ubicada a una altura sobre el nivel del mar similar a la Laguna Caldera, y en un estudio similar en Veracruz, México (Alanís Méndez *et al.*, 2007) reportan 3 familias, 5 géneros y 10 especies, donde la familia Bromeliaceae fue la mejor representada con 6 especies del género *Tillandsia*; y para la familia Orchidaceae sólo reportaron 2 especies.

Estas diferencias pueden deberse a las diferentes técnicas de muestreo, no obstante Alanís Méndez *et al* (2007), muestrearon una zona mayor a la muestreada en este estudio, lo que significa que con respecto a estas familias la Cuenca de la Laguna Caldera posee una mayor riqueza, probablemente debido a las características especiales de la cuenca.

En este mismo sentido en un estudio realizado en Veracruz, México por García Franco & Toledo Aceves (2008) en un bosque mesófilo, las familias con mayor número de especies fueron Bromeliaceae y Orchidaceae, encontrando que las bromelias son más frecuentes y abundantes y que las orquídeas tuvieron mayor riqueza de especies pero bajo número de individuos, similar a lo encontrado en este estudio.

La familia polypodiaceae es una de las familias mejor representadas en los bosques secos, por sus estructuras para contrarrestar la sequía (poiquilohídricos), a pesar de su dependencia del agua (Benzing 2004). Giongo & Weatcher (2004) encontraron en la cuenca de un bosque de galería 8 especies pertenecientes a esta familia, incluyendo especies de los géneros *Polypodium* y *Pecluma*, no obstante en este estudio, sólo se encontraron 3 especies.

Las especies con mayor número de individuos fueron *Tillandsia remota* con 454, *Tillandsia schiedeana* 77, *Tillandsia fasciculata* 73, *Epidendrum stamfordianum* 43, *Phoradendrum sp* 66; lo cual indica que por alguna característica especial de las especies anteriormente mencionadas presentan adaptaciones a los sustratos y al ambiente en el que se encuentran, tal como lo describieron Hietz & Hietz –Seifert (1995) y Löttscher (1995) para las especies de *Tillandsia*, en los bosques secos.

Cabe mencionar que *Hylocereus guatemalensis*, *Philodendron jacquinii* y *Polypodium furfuraceum* obtuvieron una baja frecuencia de apareamiento, pero similar cantidad de individuos (11, 9, 13, respectivamente), a pesar de su resistencia a la sequía como lo menciona Benzing (2004), esto probablemente por la ausencia de polinizadores y/o adaptaciones ecológicas.

#### **4.2 Distribución vertical y Relación con características de los forofitos**

Con respecto a la distribución vertical de las plantas vasculares epifitas, se sabe que ésta varía a lo largo del árbol tal como lo mencionan Muñoz *et al.* (2007) y Dickinson *et al.* (1993). Benzing (1995) menciona que las variaciones en la estabilidad de la corteza, la humedad, la capacidad de retener agua y la textura de la superficie de la corteza y el área a colonizar (DAP) pueden ser responsables de la especificidad de algunas epifitas.

En este estudio se encontró que el 95% de las plantas vasculares epifitas muestreadas se distribuyen en arboles con un DAP mayor a 50 cm, lo que concuerda con Talley *et al.* (1996), Dunn (2000) y Clement *et al.* (2001), que encontraron en bosques deciduos que la mayoría de especies son encontradas en árboles grandes, ya que mayor cantidad de superficie favorece el incremento en la riqueza y la abundancia de grupos como lianas y bromelias, ya que supone una edad mayor del árbol y mayor tiempo de exposición a la colonización.

Con respecto a la preferencia de alturas de las PVE, este estudio demuestra que el mayor número de especies se encuentran en la zona 3 o copas, donde el periodo de exposición a la luz es mayor que en las zonas 2 y 1 que se encuentran en la zona de penumbra. En la zona uno (base del tronco), dominan las Aráceas con

dos especies; en la zona dos (fuste), son las familias Bromeliaceae y Orchidaceae; y en la zona tres (copa), al igual que en la zona dos, son Orchidaceae y Bromeliaceae las de mayor número de especies 10 y 5 respectivamente, esto podría deberse a que la zona 3 es la que recibe mayor cantidad de luz y hay mas interacción con el agua lluvia. Asimismo Acebey & Krömer (2001) reportan que la familia Araceae es la más abundante en la zona uno y las familias Bromeliaceae y Orchidaceae para las zonas dos y tres.

La mayor cantidad de individuos fue encontrada en primer lugar en los rangos de altura de 10-15 m con 371 individuos, muy similar al número de individuos encontrados en el rango de 15-20 m con 366, lo cual concuerda con lo que expone Sillet & Rambo (2000), donde reportan que la mayor cantidad de individuos se encontró en un rango de 10-20 m, al igual que Hernández Rosas & Carlsen (2003), que encontraron la mayor cantidad de individuos en el rango de 15-20 m.

Sin embargo, tanto los rangos de altura mínimo y máximo fueron indispensables para especies dentro de la familia Araceae (*Philodendron jacquini* y *Syngonium sp.*), que son hemiepifitas sólo encontradas en la base de los árboles entre 0 y 5 m de altura; mientras que las Bromeliaceae (*Tillandsia schiedeana* y *Catopsis nutans*), fueron encontradas en rangos entre 25-35 m, donde la cantidad de luz incidente es mayor y para el cual las especies de bromelias mencionadas están adaptadas (Benzing 2004; Damon 2006).

El bosque de la cuenca de la Laguna Caldera, por su cercanía a una fuente de humedad continua, puede estar facilitando una mayor colonización de epifitas en la mayoría de los árboles durante todo el año (época seca y lluviosa), tal como lo plantean Annaselvam & Parthasarathy (2001), Leimbeck & Balslev (2001) y Arévalo

& Betancourt (2004); pero *Philodendron jacquinii* e *Hylocereus guatemalensis*, que son especies condicionadas en su distribución y abundancia por la humedad del ambiente, no fueron encontrados en altas proporciones, quizá porque los patrones de distribución de ambas especies pueden estar restringidas por otro tipo de factores ambientales, como la disponibilidad de espacios para colonizar y la tasa de depredación por herbivoría.

### **5.3 Índices ecológicos**

En este estudio se encontró que el índice de diversidad de Shannon tomó valor de 2.13; el índice de Simpson 0.7345 y el índice de Margalef 5.56. Estudios similares realizados por Arévalo & Betancur (2004) en la serranía de Chiribiquete, Guayana Colombiana, Alanís Méndez *et al* (2007), Veracruz, México; Bonnet *et al* (2007) en Santa Catarina, Brasil, obtuvieron valores parecidos a los encontrados en este estudio, pero cabe recalcar que los estudios antes mencionados obtuvieron mayor cantidad de especies en menor cantidad de forofitos muestreados y en bosques donde la humedad es mayor, no obstante un estudio en Paraná, Brasil realizado por Dettke *et al* (2008) en condiciones similares a este estudio, pero la cantidad de árboles muestreados fue mayor (90 arboles), encontraron un índice de Shannon de 1.10, mucho menor a lo encontrado en este estudio y con menor esfuerzo de muestreo, asimismo para el índice de Simpson, Arévalo & Betancur (2004), obtuvieron un valor de 0.86 en un muestreo total de 118 forofitos en un bosque similar al de la Cuenca de la Laguna Caldera, encontrando solamente 30 especies.

Con respecto a este estudio se encontró que las familias con mayor IVle son, Orchidaceae con un valor de 27.04%, Bromeliaceae con 22.58%, Araceae con valores de 15.56% y el grupo de las Pteridophyta con 8.17 % del total. Similar a lo obtenido por Hernández Rosas y Carlsen (2003) para las familias Orchidaceae 29.90 %, Bromeliaceae 17.28 % y Araceae 9.30 %, sin embargo cabe mencionar que estos valores han sido calculados de acuerdo a un total de 200, ya que sólo tomaron los parámetros de abundancia y frecuencia relativa, contrario a este estudio donde se tomó, a parte de los 2 parámetros anteriores, la frecuencia de aparición de las epifitas en los forofitos. Giongo & Waechter (2004) encontraron un mayor IVle la familia Polypodiaceae con valores de 14.32%, similar a lo encontrado por Dettke *et al* (2008) donde la misma familia Polypodiaceae obtuvo un IVle de 19.43 %; mientras que las familias Bromeliaceae y Orchidaceae presentaron en ambos estudios valores bajos; contrario a este, ya que esta familia obtuvo un IVle conjugado con la familia Pteridaceae y Lygodiaceae de 8.17 %.

## VI CONCLUSIONES

Después de haber realizado las consideraciones posibles al evaluar los resultados y la discusión, se presentan las siguientes conclusiones:

- Al comparar la riqueza, composición y distribución de las plantas vasculares epifitas en la cuenca de la Laguna Caldera, con estudios similares, realizados en otros países, con condiciones climatológicas y metodología aplicada similares, los hospederos en la cuenca de la laguna presentan una mayor riqueza de plantas vasculares epifitas con respecto a especies y familias; ya que la familia Orchidaceae con 10 especies y 126 individuos; y la familia Bromeliaceae con 5 especies y 622 individuos fueron las de mayor representatividad.
- Que la vegetación del lugar está determinada por las características climatológicas, las cuales pueden propiciar el establecimiento de las epifitas, tal es el caso de la familia Bromeliaceae que fue más abundante con 622 individuos; la especie *Tillandsia remota* obtuvo el mayor número de individuos, probablemente debido a las características especiales de las semillas, como la presencia de vilanos para dispersión y la colonización de zonas laterales en las ramas como la manifiesta Zotz (2005), que le facilitan llegar a un mayor número de sustratos, haciendo óptimo su establecimiento y reproducción.

- El DAP de los hospederos mayor a 50cm permite mayor colonización de plantas vasculares epifitas; encontrándose además mayor cantidad de individuos en rangos de altura de los forofitos muestreados de entre 10-15 m y 15-20 m, con un 95 % del total de individuos distribuidos en .7 rangos de altura, al igual que Hernández Rosas & Carlsen (2003).
- La mayor cantidad de individuos y especies de plantas vasculares epifitas fue encontrada en la zona 3 del forofito (copas), con 28 de las 39 especies encontradas en este estudio, lo que indica que la ejecución de este tipo de metodología es apropiada.
- *Epidendrum stamfordianum* fue la especie más abundante y mejor distribuida en el grupo de las orquídeas, lo que muestra que ésta orquídea probablemente tiene una mayor cantidad de polinizadores y por lo tanto mayor éxito reproductivo tal como lo establece Benzing (2003).
- Se concluye además que se necesitan más estudios sobre la distribución vertical de las plantas vasculares epifitas en el territorio nacional, lo cual redundará en un programa de conservación a través de un uso sostenible de la cobertura vegetal.

- 

## VII RECOMENDACIONES

Se considera de gran interés para la comunidad de San Juan Opico y del país en general dar seguimiento a este tipo de estudios sobre epifitismo, no solo con las plantas vasculares, sino también con las no vasculares (Briofitos, Hepáticas) y organismos que formen simbiosis como líquenes, hongos y algas, donde se profundice en los aspectos ecológicos de este grupo de organismos, así como sus patrones de distribución, selección de sustratos, preferencia de hospederos etc., que influyen en su composición y función en los ecosistemas, y por lo tanto un conocimiento más preciso en la biología de estas plantas.

Con la información recabada en este estudio podría proponerse un plan de manejo para el bosque circundante a la Laguna Caldera, ya que a pesar de ser una tierra de carácter privado, la actividad antropogénica está causando estragos en las especies arbóreas, e incluso a las epífitas, como el caso de las orquídeas, ya que durante uno de los viajes de muestreo se encontró personas extrayéndolas.

Se plantea además la necesidad de desarrollar una metodología apropiada para el muestreo de vasculares epífitas en ramas muy delgadas, que ayude a la toma de datos, sin poner en riesgo la vida.

## VIII LITERATURA CITADA

- ACEBEY A. & KRÖMER. 2001. Diversidad y distribución vertical de epifitas en los alrededores del campamento rio Eslabón y de la Laguna Chalalán, parque nacional Madidi, depto. La Paz, Bolivia. Revista de la sociedad boliviana de botánica. 3(1/2): 104-123.
- ALANÍS MÉNDEZ J. L., F. O. MUÑOZ ARTEAGA, M. LOPEZ ORTEGA, L. CUERVO LOPEZ, B.E. RAYA CRUZ 2007. Aportes al Conocimiento de las Epifitas (Bromeliaceae, Cactaceae y Orchidaceae) en dos Tipos de Vegetación del Municipio de Pánuco, Veracruz, México. Rev. UDO Agrícola. Vol. 7. No. 1. pp 160-174.
- ANNASELVAM J, PARTHASARATHY N (200 1) Diversity and distribution of herbaceous vascular epiphytes in a tropical evergreen forest at Varagalaiar, Western Ghats, India. Biodiversity and Conservation 10,317-329.
- ARÉVALO R. & J. BETANCUR 2004. Diversidad De Epifitas Vasculares En Cuatro Bosques Del Sector Suroriental De La Serranía De Chiribiquete, Guayana Colombiana. Rev. Caldasia. Vol. 26 # 2. Pp 359-380.
- BARKMAN, J.J. 1958. Phytosociology and Ecology of Cryptogamic Epiphytes. Van Gorcum, Assen, The Netherlands.
- BENZING D.H. 1990. Vascular Epiphytes. Cambridge University Press. Cambridge. 354 pp.
- \_\_\_\_\_. 2000. Bromeliaceae: Profile of an Adaptative Radiation. Cambridge University Press. Cambridge Tropical Series. 675 pp.

- \_\_\_\_\_. 2003. Vascular Epiphytes. Cambridge University Press. Cambridge Tropical Series. 354 pp.
- \_\_\_\_\_. 2004. Vascular Epiphytes. Forest Canopies. Second Edition. Elsevier Academic Press. 517 pp.
- CANHAM, J.A. 1993. The Color of Light in Forest and its implications. Ecological Monographs. Vol. 63, pp 1-27.
- CATCHPOLE, D. 2004. The Ecology of Vascular Epiphytes on a *Ficus* L. host (Moraceae) in a Peruvian Cloud Forest. Thesis submitted to the Honours Degree at the School of Geography and Environmental Studies, University of Tasmania.
- CHALLENGER A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro. CONABIO. Instituto de Biología. Agrupación Sierra Madre, S.C. México. 847 pp.
- CLEMENT JP, MOFFETT MW, SHAW OC, LARA A, ALARCON O, LARRAIN OL (2001) Crown structure and biodiversity in *Fitzroya cupressoides*, the giant conifers of Alerce Andino National Park, Chile. *Selbyana* 22,76-88.
- DAMON, A. 2006. Las Epifitas, Ecosistemas y Comunidades: Procesos Naturales y Sociales de los Bosques. Ecosur. Tapachula, México. pp: 17-21.
- DETTKE G.A, A.C ORFRINI & M.A. MILANEZE-GUTIERRE. Composição Florística E Distribuição De Epífitas Vasculares Em Um Remanescente Alterado De Floresta Estacional Semidecidual No Paraná, Brasil. *Rodriguésia* 59 (4): 859-872 pp.
- DICKINSON KJM, MARK AF, DAWKINS B (1993) Ecology of lianoid epiphytic communities in coastal podocarp rain forest, Haast Ecological District, New Zealand. *Journal of Biogeography* 20, 687-705.

- DUNN RR (2000) Bromeliad communities in isolated trees and three successional stages of an andean cloud forest in Ecuador. *Selbyana* 21,137-143.
- ENDLER, J.A. 1993. The Color of Light in Forest and its implications. *Ecological Monographs*. Vol. 63, Pp 1-27.
- FLORES, J.S. 1980. Tipos de Vegetación de El Salvador y su Estado Actual. Editorial Universitaria, Ciudad Universitaria, El Salvador. 273 pp.
- GRACIA FRANCO J.G & T. TOLEDO ACEVES. 2008. Epífitas vasculares (bromelias y orquídeas).in RH Manson, V Hernández-Ortiz, S Gallina & K Mehltreter (eds.) *Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz: Biodiversidad, manejo y conservación*. Instituto de Ecología, A.C. (INECOL) e Instituto de Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT). México DF. Pp 69-82.
- GEIGER, R. 1965. *The Climate Near the Ground*. Harvard University Press, Cambridge, M A.
- GIONGO, C. & J. L. WAECHTER. 2004. Composição florística e estrutura comunitária de epífitos vasculares em uma floresta de galeria na Depressão Central do Rio Grande do Sul. *Revista Brasil Botânica*. Vol. 23 No. 3. pp: 563-572.
- GODDINGS, H. J. 2006. Vascular Epiphytes Diversity within the La Chonta Forestry Concession, Bolivia. Project Bosque. University Oj Edinburg and the University of Uppsala. Short Report. 15 pp.
- GOOGLE EARTH, 2008. Toma satelital de la Laguna Caldera, San Juan Opico y Alrededores.
- HERNÁNDEZ ROSAS, J.I & CARLSEN. 2003. Estructura de las sinusias de las plantas del dosel en un portador (*Eschweilera parviflora*, Lecythydaceae) del

bosque húmedo tropical del alto Orinoco, estado Amazonas, Venezuela.

ECOTROPICOS 16 (1): 1-10

HIETZ P. 1998. Diversity and Conservation of Epiphytes in a Changing Environment.

Rev. Pure and Applied Chemistry. Vol. 70. #11. Pp 1-11.

\_\_\_\_\_ & U. HIETZ-SEIFERT. 1995. Structure and Ecology of Epiphyte Communities

of a Cloud Forest in Central Veracruz, Mexico. Journal of Vegetation Science,

vol. 6, Pp 719-728.

HIETZ, P. & O. BRIONES. 1998. Correlation between water relations and wicanopy

distribution of epiphytic ferns in a Mexican cloud forest. Ecology, vol. 114, pp

305-316.

HOSOKAWA, T. 1943. Studies on the Life-forms of Vascular Epiphytes and the Flora

of Ponape, Micronesia. Transactions of the Natural History Society of Taiwan,

33, Pp 36-139.

JIMÉNEZ I, L. SÁNCHEZ MARMOL, N. HERRERA. 2004. Inventario Nacional y

Diagnóstico de los Humedales de El Salvador. MARN/AECI. San Salvador.

Pp.10-113

KRÖMER, S.R. GRADSTEIN & A. ACEBEY. 2007. Diversidad y ecología de epifitas

vasculares en bosques montanos primarios y secundarios de Bolivia. Ecología

en Bolivia. 42 (1): 23-33.

LEIMBECK, R.M. & H. BALSLEV. 2001. Species richness and abundance of

epiphytic Araceae on adjacent floodplain and upland forest in Amazonian

Ecuador. Biodiversity and Conservation 10: 1579–1593.

LÖTSCHER. W. 1995. Vegetación de El Salvador, com. Instituto Tropical de

Investigaciones Científicas de El Salvador, N° 3-4.

- MEJÍA VALDIVIESO, D.A. & T. HAWKINS. 1993. Los Bosques Nublados de Honduras. Serie miscelánea de CONSEFORH, 42-24/93. 49 p.
- MCCUNE, B 1993. Gradients in Epiphyte Biomass in tree *Pseudotsuga: Tsuga* Forest of Different ages in Western Oregon and Washington. The Bryologist. 96, Pp 405-411.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (MARN). 2004. Diagnostico de la Problemática Ambiental y de Contaminación del municipio de San Juan Opico, departamento de La Libertad. El Salvador.
- MOFFETT, M.W. 2000. What's "up"? A Critical Look at the Basic Terms of Canopy Biology. Biotropica 32, Pp 569-596.
- \_\_\_\_\_. 2001. The Nature and Limits of Canopy Biology. Rev. Selbyana. Vol. 22 . Pp 155-179.
- MUÑOZ A.A, CHACON P., PÉREZ F. & BARNERT E. 2003. Diversity and host tree preferences of vascular epiphytes and vines in a temperate rainforest in southern Chile. Australian Journal of Botany. 51. 381-391 pp.
- NIEDER J., J. PROSPERÍ & G. MICHALOUD. 2001. Epiphytes and their contribution to canopy diversity. Plant Ecology 153: Pp 51–63.
- PARKER, G.G., M.M. DAVIS & S.M. CHAPOTIN. 2002. Canopy Light Transmittance in Douglas-fir-Western Hemlock Stands. Tree Physiology. Vol. 22, Pp 147-158.
- PENNINGTON T. D. & J. SURUKHAN. 1998. Árboles Tropicales de México. Instituto de Ecología, UNAM, Fondo de Cultura Económica. Xalapa, Veracruz, México. 521 pp.
- PITTENDRIGH, C.S. 1948. The Bromeliad -Anopheles- Malaria Complex in Trinidad. I. The Bromeliad Flora. Evolution vol. 2: Pp 58-89.

- PITA FERNÁNDEZ S. 1996. Metodología de la Investigación: Determinación del Tamaño Muestral. Unidad de Epidemiología Clínica y Bioestadística. CADATEN PRIMARIA. 3: Pp 138-14.
- PLAN REGIONAL DE PESCA Y ACUICULTURA CONTINENTAL. (PREPAC) 2005. Inventario de Cuerpos de Agua Continentales de El Salvador, con Énfasis en la Pesca y la Acuicultura. 477 pp. Disponible en red: [http://www.mag.gob.sv/administrador/archivos/0/file\\_500.pdf](http://www.mag.gob.sv/administrador/archivos/0/file_500.pdf)
- REYNOLDS, B.C. & M.D. HUNTER 2004. Nutrient Cycling. Forest Canopies. Second Edition. Elsevier Academic Press. 517 pp.
- RICHARDS P.W. 1952. Chap.5. in The Tropical Rain Forest: an Ecological Study. Cambridge: Cambridge University Press.
- SAN MARTÍN J., A. ESPINOSA, S. ZANETTI, E. HAUENSTEIN, N. OJEDA, C. ARRIAGADA. 2008. Composición y estructura de la vegetación epífita vascular en un bosque primario de Olivillo (*Aextoxicon punctatum* R. et P.) en el sur de Chile. Asociacion Argentina de Ecologia. Rev. Ecología Austral. Vol. 18. Pp 1-11
- SARUKHAN J. 1968. Manual para la identificación de campo de los principales árboles tropicales de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales México. 473 pp.
- SILLETT C.S. & RAMBO T.R. 2000. Vertical Distribution of Dominant Epiphytes in Douglas-Fir Forests of the Central Oregon Cascades Northwest Science Vol. 7,1.Nº. 1
- SCHIMPER, A.F.W. 1888. Die Epiphytische Vegetation Amerikas. Bot. Mitt. Tropen II. Jena: Fisher.

- SHAW, D.C. 2004. Vertical Organization of Canopy Biota. Forest Canopies. Second Edition. Elsevier Academic Press. 517 pp.
- TALLEY SM, LAWTON RO, SETZER WN (1996) Host preferences of *Rhus radicans* (Anacardiaceae) in a southern deciduous hardwood forest. *Ecology* 77, 1271-1276.
- THÉRY, M. 2001. Forest Light and it's Influence on Habitat Selection. *Plant Ecology*. 153, Pp 251-261.
- TRIANA MORENO, L. A., N.J. GARZON VENEGAS, J. SANCHEZ ZAMBRANO, O. VARGAS, 2003. Epífitas Vasculares Como Indicadores De Regeneración en Bosques Intervenidos de la Amazonía Colombiana. *Acta Biológica Colombiana*. Vol. 8. #2. Pp 31-42.
- WALLACE, B.J. 1981. The Australian Vascular Epiphytes: Flora and Ecology. Ph. D. Thesis, University of New England, New South Wales, Australia.
- ZAVALA MOLINA, S.V. 2002. Inventario De Bromelias Epífitas Del Bosque Nebuloso De La Montaña El Volcán, El Paraíso, Honduras. Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente en el Grado Académico de Licenciatura. ZAMORANO. 52 pp.
- ZOTZ. G. 2005. Tank function in the epiphytic bromeliad *Catopsis sessiliflora* . *Ecotropica* 11: 63-68.
- ZUCHOWSKI, W. 2007. Tropical Plants of Costa Rica: A guide to Native and Exotic Flora. A Zona Tropical Publication. 529 pp.

# ANEXOS



**Anexo 1:** Hoja de campo para la toma de datos de la vegetación epífita presente en los árboles de la Cuenca de la Laguna Caldera, San Juan Opico, La Libertad.

Fecha:		No árbol:		Especie:		
		Coordenadas GPS:				
Correlativo	Especie	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Altura m	Corteza
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						



**Anexo 2:** Vista de *Tillandsia fasciculata* (Bromeliaceae).

**Anexo 3.** *Tillandsia remota* (Bromeliaceae), detalle de las flores.



**Anexo 4.** *Epidendrum stamfordianum* (*Auliza stamfordiana*) Orchidaceae



**Anexo 5.** *Philodendron jacquinii* (Araceae), inflorescencia y hojas.



**Anexo 6.** *Hylocereus guatemalensis* (Cactaceae), flores y frutos.



**Anexo 7.** *Drymonia serrulata* (Gesneriaceae), flores y frutos.



**Anexo 8.** *Polypodium furfuraceum* (Polypodiaceae)



**Anexo 9.** *Laelia rubescens* (Orchidaceae)



**Anexo 10.** *Hemionitis pinnatifida* (Polypodiaceae)



